



# Anatem

## Manual Anatem

*Release 12.6*

**Cepel**

29 nov. 2024



# Apresentação

<b>Sobre o Anatem</b>	<b>1</b>
<b>I Apresentação</b>	<b>3</b>
<b>1 Histórico</b>	<b>5</b>
<b>2 Equipe de Desenvolvimento</b>	<b>7</b>
2.1 Colaboração Técnica . . . . .	8
2.2 Agradecimentos . . . . .	8
<b>3 Sistema de Versionamento</b>	<b>9</b>
3.1 O que esperar a cada lançamento? . . . . .	10
<b>4 Changelog</b>	<b>11</b>
4.1 Recursos a serem Disponibilizados . . . . .	11
4.2 Versão 12.6 . . . . .	12
4.3 Versão 12.5 . . . . .	12
4.4 Versão 12.4 . . . . .	14
4.5 Versão 12.3 . . . . .	14
4.6 Versão 12.2 . . . . .	17
4.7 Versão 12.1 . . . . .	19
4.8 Versão 12.0 . . . . .	22
4.9 Versão 11.10 . . . . .	32
4.10 Versão 11.9 . . . . .	34
4.11 Versão 11.8 . . . . .	36
4.12 Versão 11.7 . . . . .	38
4.13 Versão 11.6 . . . . .	42
4.14 Versão 11.5 . . . . .	43
4.15 Versão 11.4 . . . . .	47
4.16 Versão 11.3 . . . . .	49
4.17 Versão 11.2 . . . . .	50
4.18 Versão 11.1 . . . . .	51
4.19 Versão 11.0 . . . . .	52
<b>II Introdução</b>	<b>55</b>
<b>5 Aspectos Teóricos</b>	<b>57</b>
5.1 Estabilidade de Sistemas de Potência . . . . .	58
5.2 Dinâmica do Rotor da Máquina Síncrona . . . . .	59

5.3	Modelo do Sistema . . . . .	61
<b>6</b>	<b>Primeiros Passos</b>	<b>65</b>
6.1	Uso do Programa Anatem . . . . .	65
6.2	Meu Primeiro Caso Anatem . . . . .	71
6.3	Modo <i>Shell</i> . . . . .	83
6.4	Modo Interface Gráfica . . . . .	85
<b>7</b>	<b>Execução do Anatem</b>	<b>93</b>
7.1	Simulação Monocaso . . . . .	93
7.2	Simulação via Processamento em Lote . . . . .	95
7.3	Simulação via Análise de Contingências . . . . .	98
7.4	Pós-processamento . . . . .	103
<b>8</b>	<b>Arquivos Anatem</b>	<b>111</b>
8.1	Arquivos de Entrada (Principal e Modelos) . . . . .	111
8.2	Arquivo Histórico ou <i>Savecase</i> . . . . .	114
8.3	Arquivo CDUEdit . . . . .	115
8.4	Arquivo de Relatório . . . . .	116
8.5	Arquivo de <i>Log</i> de Mensagens . . . . .	117
8.6	Arquivo de Plotagem de Sinais . . . . .	118
8.7	Arquivo de Plotagem de Variáveis de CDU . . . . .	119
8.8	Arquivo de Plotagem de Curvas de Relés . . . . .	120
8.9	Arquivo de Sinal Externo . . . . .	122
8.10	Arquivo de Resultado de Análise de Multi-Infeed . . . . .	124
8.11	Arquivo <i>Snapshot</i> . . . . .	126
8.12	Arquivo de <i>Cache</i> do recurso DLCA . . . . .	127
8.13	Definição Automática de Arquivos . . . . .	129
8.14	Arquivo de Resultado de Inércia Síncrona . . . . .	129
8.15	Arquivos USIHID do SUIISHI . . . . .	132
<b>9</b>	<b>Terminologia Técnica</b>	<b>135</b>
9.1	Lista de Siglas e Abreviaturas . . . . .	135
9.2	Lista de Símbolos . . . . .	136
<b>III</b>	<b>Equipamentos Básicos</b>	<b>137</b>
<b>10</b>	<b>Barras CA</b>	<b>139</b>
10.1	Eventos em Barras CA . . . . .	139
10.2	Plotagem de Barras CA . . . . .	141
10.3	Variáveis CDU de Barras CA . . . . .	142
10.4	Códigos Relacionados . . . . .	143
<b>11</b>	<b>Cargas</b>	<b>145</b>
11.1	Carga Estática . . . . .	146
11.2	Carga Dinâmica . . . . .	146
11.3	Eventos em Cargas . . . . .	147
11.4	Plotagem de Cargas . . . . .	148
11.5	Variáveis CDU de Cargas . . . . .	149
11.6	Relés com atuação em Cargas . . . . .	151
11.7	Esquema Regional de Alívio de Carga . . . . .	153
11.8	Códigos Relacionados . . . . .	155
<b>12</b>	<b>Bancos <i>Shunt</i></b>	<b>157</b>
12.1	Eventos em <i>Shunt</i> . . . . .	158
12.2	Plotagem de <i>Shunt</i> . . . . .	158
12.3	Variáveis CDU de <i>Shunt</i> . . . . .	159
12.4	Relés com atuação em <i>Shunt</i> . . . . .	160

12.5	Códigos Relacionados	164
<b>13</b>	<b>Circuitos CA</b>	<b>165</b>
13.1	Fluxo Agregado de Intercâmbio	165
13.2	Eventos em Circuitos CA	166
13.3	Plotagem de Circuitos CA	168
13.4	Variáveis CDU de Circuitos CA	169
13.5	Relés com atuação em Circuitos CA	170
13.6	Códigos Relacionados	177
<b>14</b>	<b>Transformadores OLTC</b>	<b>179</b>
14.1	Controle <i>Built-in</i> de Transformadores OLTC	180
14.2	Associação de Transformadores OLTC	181
14.3	Eventos Transformadores OLTC	181
14.4	Plotagem de Transformadores OLTC	182
14.5	Variáveis CDU de Transformadores OLTC	182
14.6	Códigos Relacionados	183
<b>15</b>	<b>Máquinas de Indução Convencional</b>	<b>185</b>
15.1	Modelos Predefinidos de Máquina de Indução Convencional	185
15.2	Eventos em Máquinas de Indução Convencional	188
15.3	Plotagem de Máquinas de Indução Convencional	189
15.4	Variáveis CDU de Máquinas de Indução Convencional	190
15.5	Relés com atuação em Máquinas de Indução Convencional	190
15.6	Códigos Relacionados	193
<b>16</b>	<b>Máquinas Síncronas</b>	<b>195</b>
16.1	Modelos Predefinidos de Máquina Síncrona	196
16.2	Modelos de Curva de Saturação	201
16.3	Modelos Predefinidos de Regulador de Tensão e Excitatriz	204
16.4	Modelos Predefinidos de Regulador de Velocidade e Turbina	220
16.5	Modelos Predefinidos de Estabilizador Aplicado em Regulador de Tensão	225
16.6	Associação de Máquinas Síncronas	233
16.7	Controle Automático de Geração	233
16.8	Controle Centralizado de Tensão	233
16.9	Eventos em Máquinas Síncronas	233
16.10	Plotagem de Máquinas Síncronas	234
16.11	Plotagem de Agrupamento de Máquinas Síncronas	236
16.12	Variáveis CDU de Máquinas Síncronas	237
16.13	Relés com atuação em Máquinas Síncronas	239
16.14	Códigos Relacionados	242
<b>17</b>	<b>Geração Funcional</b>	<b>243</b>
17.1	Geração ZIP	244
17.2	Plotagem de Geração Funcional	245
17.3	Relés com atuação em Geração Funcional	245
17.4	Códigos Relacionados	247
<b>IV</b>	<b>Geração Eólica e Solar</b>	<b>249</b>
<b>18</b>	<b>Geradores de Indução Diretamente Conectados</b>	<b>251</b>
18.1	Códigos Relacionados	251
<b>19</b>	<b>Geradores Eólicos DFIG</b>	<b>253</b>
19.1	Modelos de Geradores Eólicos DFIG	254
19.2	Associação de Geradores Eólicos DFIG	256
19.3	Cálculo de Escorregamento Inicial por CDU	257
19.4	Eventos em Geradores Eólicos DFIG	258

19.5	Plotagem de Geradores Eólicos DFIG . . . . .	259
19.6	Variáveis CDU de Geradores Eólicos DFIG . . . . .	261
19.7	Relés com atuação em Geradores Eólicos DFIG . . . . .	264
19.8	Códigos Relacionados . . . . .	264
<b>20</b>	<b>Geradores Síncronos Eólicos</b>	<b>265</b>
20.1	Modelos de Geradores Síncronos Eólicos . . . . .	266
20.2	Associação de Geradores Síncronos Eólicos . . . . .	268
20.3	Eventos em Geradores Síncronos Eólicos . . . . .	270
20.4	Plotagem de Geradores Síncronos Eólicos . . . . .	270
20.5	Variáveis CDU de Geradores Síncronos Eólicos . . . . .	272
20.6	Relés com atuação em Geradores Síncronos Eólicos . . . . .	274
20.7	Códigos Relacionados . . . . .	275
<b>21</b>	<b>Fonte Shunt Controlável por CDU</b>	<b>277</b>
21.1	Definição de Fonte Shunt Controlada . . . . .	277
21.2	Associação de Fonte Shunt Controlada . . . . .	278
21.3	Eventos em Fonte Shunt Controlada . . . . .	280
21.4	Plotagem de Fonte Shunt Controlada . . . . .	280
21.5	Variáveis CDU de Fonte Shunt Controlada . . . . .	282
21.6	Códigos Relacionados . . . . .	283
<b>V</b>	<b>Equipamentos FACTs e HVDC</b>	<b>285</b>
<b>22</b>	<b>Barras CC</b>	<b>287</b>
22.1	Eventos em Barras CC . . . . .	287
22.2	Plotagem de Barras CC . . . . .	288
22.3	Variáveis CDU de Barras CC . . . . .	288
22.4	Códigos Relacionados . . . . .	288
<b>23</b>	<b>Linhas CC</b>	<b>289</b>
23.1	Eventos em Linhas CC . . . . .	289
23.2	Plotagem de Linhas CC . . . . .	290
23.3	Variáveis CDU de Linhas CC . . . . .	290
23.4	Códigos Relacionados . . . . .	291
<b>24</b>	<b>Elos de Corrente Contínua LCC</b>	<b>293</b>
24.1	Transmissão CCAT . . . . .	294
24.2	Modelos de Conversores CA-CC . . . . .	298
24.3	Modelos de Elos CC . . . . .	310
24.4	Associação de Elo CC a Controles . . . . .	310
24.5	Eventos em Elos CC . . . . .	310
24.6	Plotagem de Elos de Corrente Contínua LCC . . . . .	312
24.7	Variáveis CDU de Elos CC . . . . .	314
24.8	Códigos Relacionados . . . . .	316
<b>25</b>	<b>Compensadores Estáticos de Reativos</b>	<b>317</b>
25.1	Modelos de Compensadores Estáticos . . . . .	318
25.2	Associação de Compensadores Estáticos a Controles . . . . .	319
25.3	Eventos em Compensadores Estáticos . . . . .	319
25.4	Plotagem de Compensadores Estáticos . . . . .	320
25.5	Variáveis CDU de Compensadores Estáticos . . . . .	321
25.6	Códigos Relacionados . . . . .	322
<b>26</b>	<b>Compensadores Série Controláveis</b>	<b>323</b>
26.1	Modelos de Compensadores Série Controláveis . . . . .	324
26.2	Associação de CSC a Controles . . . . .	324
26.3	Eventos em Compensadores Série Controláveis . . . . .	324

26.4	Plotagem de Compensadores Série Controláveis	325
26.5	Variáveis CDU de Compensadores Série Controláveis	325
26.6	Códigos Relacionados	326
<b>27</b>	<b>Equipamentos FACTS VSI</b>	<b>327</b>
27.1	Modelos de Equipamentos FACTS VSI	328
27.2	Modelos de Conversores FACTS VSI	330
27.3	Associação de Conversores FACTS VSI	333
27.4	Eventos de <i>FACTS VSI</i>	333
27.5	Plotagem de <i>FACTS VSI</i>	333
27.6	Variáveis CDU de FACTS VSI	334
27.7	Códigos Relacionados	336
<b>VI</b>	<b>Controladores Personalizados</b>	<b>337</b>
<b>28</b>	<b>Controladores Definidos pelo Usuário</b>	<b>339</b>
28.1	Definição de CDU	340
28.2	Definição de Parâmetros (DEFFPAR)	341
28.3	Blocos de CDU	342
28.4	Definição de Valor Inicial de Variáveis (DEFVAL)	459
28.5	Definição de Variáveis para Plotagem (DEFPLT)	477
28.6	Inicialização de Modelos CDU	477
28.7	Limitadores em Blocos de CDU	483
28.8	Eventos em CDU	484
28.9	Plotagem de CDUs	484
28.10	Variáveis CDU para IMPORT/EXPORT	485
28.11	Considerações para uma boa Modelagem de CDU	486
28.12	Códigos Relacionados	488
<b>29</b>	<b>Topologia de CDUs</b>	<b>489</b>
29.1	Definição de Topologias de CDU	490
29.2	Associação de CDUs a Topologias	492
29.3	Considerações para uma boa Modelagem de Topologias	493
29.4	Tutorial sobre Topologia de CDU	493
29.5	Códigos Relacionados	497
<b>30</b>	<b>Controladores Não Específicos</b>	<b>499</b>
30.1	Associação de Controladores Não Específicos	499
30.2	Códigos Relacionados	500
<b>31</b>	<b>Algoritmos para Desligamento de Malha Inativa em CDU</b>	<b>501</b>
31.1	Definições acerca dos Algoritmos	502
31.2	OTM3 - Detecção de malha inativa a partir de ramo de entrada com etapa <i>backward</i> ( <i>forward / backward</i> )	502
31.3	OTM4 - Detecção de malha inativa a partir de ramo de saída ( <i>backward</i> )	503
31.4	OTM5 - Detecção de malha inativa a partir de ramo com ganho nulo ( <i>backward</i> )	505
31.5	OTMX - Algoritmo composto para detecção de malha inativa ( <i>forward/backward</i> )	505
31.6	Desempenho e Impacto dos Algoritmos	506
31.7	Trabalhos Relacionados	508
31.8	Códigos Relacionados	508
<b>32</b>	<b>Mensagens Personalizadas pelo Usuário em CDUs</b>	<b>509</b>
32.1	Definição de Mensagens Personalizadas	510
32.2	Tutorial sobre Mensagens Personalizadas	512
32.3	Códigos Relacionados	515
<b>33</b>	<b>Relés e Sistemas Especiais de Proteção por CDU</b>	<b>517</b>
33.1	Definições acerca da Modelagem de SEPs	518

33.2	Componentes de um SEP . . . . .	518
33.3	Blocos e Variáveis de CDU Tipicamente Utilizados em SEPs . . . . .	521
33.4	Tutorial sobre Relé por CDU . . . . .	523
33.5	Trabalhos Relacionados . . . . .	527
33.6	Códigos Relacionados . . . . .	528
<b>VII Modos de Análise</b>		<b>529</b>
<b>34</b>	<b>Análise de Controladores Definidos pelo Usuário</b>	<b>531</b>
34.1	Modo de Análise de CDU . . . . .	531
34.2	Casos Exemplos da Análise Isolada de CDU . . . . .	535
34.3	Códigos Relacionados . . . . .	568
<b>35</b>	<b>Análise de Multi-Infeed</b>	<b>569</b>
35.1	Cenário Brasileiro de Multi-Infeed . . . . .	570
35.2	Interação entre Elos CCAT em Sistemas com <i>Multi-Infeed</i> . . . . .	570
35.3	Índices Preditivos de Desempenho de Sistemas CA com <i>Multi-Infeed</i> . . . . .	571
35.4	Definição de Barras CA para Cálculo de <i>MIIF</i> . . . . .	573
35.5	Cálculo Automático dos Índices da Análise <i>Multi-Infeed</i> . . . . .	573
35.6	Resultados Esperados . . . . .	574
35.7	Códigos Relacionados . . . . .	576
<b>36</b>	<b>Análise de Interação entre Fontes Shunt Controladas</b>	<b>577</b>
36.1	Sistemas com Elevados Níveis de Penetração de Fontes Renováveis . . . . .	578
36.2	Índices Calculados na Análise de Interação entre Fontes Shunt Controladas por CDU . . . . .	580
36.3	Definição de Barras CA para Cálculo de <i>MIIF</i> . . . . .	582
36.4	Cálculo Automático dos Índices da Análise de Interação entre Fontes Shunt Controladas . . . . .	583
36.5	Resultados Esperados . . . . .	584
36.6	Códigos Relacionados . . . . .	589
<b>VIII Outros Recursos</b>		<b>591</b>
<b>37</b>	<b>Séries Temporais</b>	<b>593</b>
37.1	Definições acerca de Séries Temporais . . . . .	594
37.2	Definições acerca do <i>Timestamp</i> . . . . .	597
37.3	Definições acerca de Processos Estocásticos . . . . .	599
37.4	Tutorial sobre Séries Temporais . . . . .	601
37.5	Trabalhos Relacionados . . . . .	609
37.6	Códigos Relacionados . . . . .	609
<b>IX Miscelânea</b>		<b>611</b>
<b>38</b>	<b>Equação de Oscilação da Máquina Síncrona</b>	<b>613</b>
38.1	Diagrama de Blocos da Equação de Oscilação . . . . .	613
38.2	Equação de Oscilação do <i>Anatem</i> . . . . .	614
38.3	Opções de Execução que Modificam a Equação de Oscilação do <i>Anatem</i> . . . . .	615
38.4	Tabela Resumo de Opções de Execução que Modificam a Equação de Oscilação . . . . .	615
<b>39</b>	<b>Métodos de Solução usados no Programa</b>	<b>617</b>
39.1	Método de Integração para Equações Diferenciais . . . . .	617
39.2	Método de Solução das Equações Algébricas da Rede CA . . . . .	618
39.3	Esquema de Solução do <i>Anatem</i> . . . . .	619
<b>40</b>	<b>Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho</b>	<b>623</b>
40.1	Antes de mais nada. . . . .	624
40.2	Problemas nos dados de rede elétrica . . . . .	625
40.3	Problemas na modelagem de controladores CDU . . . . .	625

40.4	Opções para Resolver o Problema de Convergência . . . . .	627
40.5	Opções para Melhoria de Desempenho . . . . .	628
40.6	Exemplo de Trechos de Simulação Recomendados . . . . .	629
<b>41</b>	<b>Linguagem de Seleção</b> . . . . .	<b>633</b>
41.1	Utilização . . . . .	635
41.2	Tipo de Seleção . . . . .	636
41.3	Regras de Seleção . . . . .	637
<b>42</b>	<b>Obtenção de Parâmetros da Curva de Saturação para Entrada de Dados no Anatem</b> . . . . .	<b>639</b>
42.1	Obtenção dos parâmetros a partir das curvas de tensão terminal graficamente pela diferença visual na tensão . . . . .	640
42.2	Obtenção dos parâmetros a partir das curvas de tensão terminal pelas correntes $I_{fn}$ . . . . .	642
42.3	Obtenção dos parâmetros a partir de dados tabelados . . . . .	643
<b>43</b>	<b>Capacidade do Programa</b> . . . . .	<b>645</b>
<b>44</b>	<b>Frequently Asked Questions (FAQ)</b> . . . . .	<b>649</b>
<b>X</b>	<b>Códigos e Opções de Execução</b> . . . . .	<b>653</b>
<b>45</b>	<b>Códigos de Execução</b> . . . . .	<b>655</b>
45.1	ACDE . . . . .	656
45.2	ACDU . . . . .	657
45.3	AGMQ . . . . .	659
45.4	ANAC . . . . .	661
45.5	ANAT . . . . .	661
45.6	ARQM . . . . .	661
45.7	ARQV . . . . .	662
45.8	CASO . . . . .	663
45.9	CCDU . . . . .	664
45.10	DARQ . . . . .	666
45.11	DAVS . . . . .	668
45.12	DCAG . . . . .	669
45.13	DCAR . . . . .	670
45.14	DCCT . . . . .	672
45.15	DCDU . . . . .	673
45.16	DCEN . . . . .	676
45.17	DCER . . . . .	679
45.18	DCLI . . . . .	681
45.19	DCNE . . . . .	682
45.20	DCNV . . . . .	683
45.21	DCSC . . . . .	685
45.22	DCST . . . . .	688
45.23	DCTE . . . . .	691
45.24	DDFM . . . . .	693
45.25	DECS . . . . .	695
45.26	DELO . . . . .	696
45.27	DERA . . . . .	698
45.28	DEST . . . . .	702
45.29	DEVS . . . . .	703
45.30	DEVT . . . . .	704
45.31	DFCM . . . . .	715
45.32	DFLA . . . . .	716
45.33	DFNT . . . . .	718
45.34	DGER . . . . .	721
45.35	DGSE . . . . .	723
45.36	DLDN . . . . .	725

45.37	DLMQ	727
45.38	DLOC	728
45.39	DLTC	731
45.40	DMAQ	733
45.41	DMCE	736
45.42	DMCS	737
45.43	DMCV	739
45.44	D MDF	743
45.45	DMDG	744
45.46	DMEL	747
45.47	DMGE	748
45.48	DMIF	750
45.49	DMOT	751
45.50	DMSG	753
45.51	DMTC	754
45.52	DOPC	755
45.53	DOS SHELL	756
45.54	DPLT	756
45.55	DREL	774
45.56	DRGT	800
45.57	DRGV	801
45.58	DSIM	801
45.59	DSTO	802
45.60	DSTR	803
45.61	DTDU	805
45.62	DTMQ	807
45.63	DVSI	809
45.64	E AIF	811
45.65	EAMI	815
45.66	ETMQ	817
45.67	EXSI	818
45.68	FIM	819
45.69	RELA	820
45.70	SNAP	821
45.71	TIME	823
45.72	TITU	824
45.73	U LOG	824
<b>46</b>	<b>Opções de Controle de Execução</b>	<b>827</b>
46.1	80CO	827
46.2	ANWT	827
46.3	ASYN	828
46.4	BASE	828
46.5	CCCO	829
46.6	CDUN	829
46.7	CILH	829
46.8	CONT	830
46.9	CONV	830
46.10	DCNI	830
46.11	DESV	831
46.12	DGEI	831
46.13	DLCA	832
46.14	DLCC	832
46.15	DNWT	833
46.16	ECHO	833
46.17	ESTC	833
46.18	ESTS	834
46.19	FILE	835

46.20 FLX2	835
46.21 FLXT	836
46.22 FREQ	836
46.23 GRAV	836
46.24 IEPS	837
46.25 IERR	837
46.26 ILHA	841
46.27 IMPR	841
46.28 INIC	841
46.29 IRMX	842
46.30 LGCY	842
46.31 LIBS	842
46.32 LIST	842
46.33 MCDU	843
46.34 MD01	843
46.35 MD02	843
46.36 MD03	843
46.37 MD04	844
46.38 MD05	844
46.39 MD06	844
46.40 MD07	844
46.41 MD08	845
46.42 MD09	845
46.43 MD10	845
46.44 MD11	845
46.45 MD12	846
46.46 MD13	846
46.47 MD14	846
46.48 MD15	846
46.49 MD16	846
46.50 MD17	847
46.51 MD18	847
46.52 MD19	847
46.53 MD20	847
46.54 MD21	848
46.55 MD22	848
46.56 MD23	848
46.57 MD24	848
46.58 NEWT	848
46.59 OTM1	849
46.60 OTM2	849
46.61 OTM3	849
46.62 OTM4	850
46.63 OTM5	850
46.64 OTMX	850
46.65 P2D2	850
46.66 P2D2 FULL	851
46.67 P2D2 FULL NULL	851
46.68 P2D2 NULL	851
46.69 PECO	852
46.70 PLUS (+)	852
46.71 PRES	853
46.72 RBAR	853
46.73 RBCN	853
46.74 RBER	854
46.75 RBLI	854
46.76 RCAR	854
46.77 RCDU	855

46.78 RCEN	855
46.79 RCMT	855
46.80 RCSC	855
46.81 RCTE	856
46.82 RCVP	856
46.83 RCVT	856
46.84 RDIM	857
46.85 RE2S	857
46.86 RERA	857
46.87 REST	858
46.88 RGER	858
46.89 RILH	858
46.90 RINE	858
46.91 RLDC	859
46.92 RLIN	859
46.93 RLOG	859
46.94 RMOT	860
46.95 RMXG	860
46.96 RMXU	860
46.97 ROPC	861
46.98 ROPG	861
46.99 RSEG	861
46.100RSTR	862
46.101SAD2	862
46.102SAD3	862
46.103SADD	863
46.104SPMD	863
46.105TELE	864
46.106TMEC	865
46.107WARN	865
46.108YBUS	865

**Índice**

## Sobre o Anatem

O programa Anatem é um aplicativo para simulações dinâmicas no domínio do tempo, visando a **análise não linear de transitórios eletromecânicos de sistemas de potência de grande porte**, compreendendo os períodos de estabilidade transitória e dinâmica.

Após a ocorrência de grandes distúrbios, usualmente decorrentes de súbitas alterações na rede elétrica, o sistema sai do ponto de operação inicial e tende a se acomodar em outro ponto de operação estável ou pode apresentar oscilações crescentes. Nestas circunstâncias, os geradores síncronos são submetidos a oscilações de tal intensidade que certas unidades ou grupos de unidades podem perder o sincronismo entre si ou com o restante do sistema.

O Anatem destaca-se por sua robustez, confiabilidade e pelo desenvolvimento de modelos adequados a particularidades do sistema elétrico brasileiro. Possui também comunicação com os programas *Anarede* (Análise de Redes Elétricas) e com os programas auxiliares Plot (aplicação para visualização de resultados na forma de gráficos) e CDUEdit (ferramenta visual de desenho de CDUs).

É permitido ao usuário a descrição de equipamentos com grande flexibilidade e precisão de modelagem, com destaque para os Controles Definidos pelo Usuário (CDUs), que permitem modelar as características dinâmicas dos principais controladores atuantes nos sistemas de potência. Por meio de CDU, podem ser modelados:

- *Reguladores de velocidade;*
- *Reguladores de tensão;*
- *Estabilizadores de sistemas de potência;*
- Controladores de *geradores eólicos e fotovoltaicos;*
- *Compensadores estáticos;*
- Proteções sistêmicas como *Sistemas Especiais de Proteção (SEP);*
- Proteções locais como os *sistemas de proteção* das unidades geradoras;
- Controles dos *elos de Corrente Contínua em Alta Tensão (CCAT);*
- *Outros equipamentos*

Dentre os principais usuários do Anatem estão as entidades setoriais, como Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) e Empresa de Pesquisa Energética (EPE); o Ministério de Minas e Energia (MME); as empresas *Eletrobras*; os agentes de geração, transmissão e distribuição; os grandes consumidores industriais; os produtores independentes; as universidades (versões acadêmicas) e as consultoras independentes. Os arquivos de dados da rede para uso no Anatem estão disponíveis para download na Internet em sites de algumas instituições setoriais, além de arquivos exemplo contidos na instalação do programa.



**Parte I**

**Apresentação**





Library with hanging bulbs - Janko Ferlic

O programa de Análise de Transitórios Eletromecânicos - Anatem, é uma aplicação computacional para a realização de estudos de estabilidade à frequência fundamental tanto na operação como no planejamento de sistemas elétricos de potência.

É resultado de um esforço do Cepel com o objetivo de dar continuidade à capacitação tecnológica em desenvolvimento de aplicações computacionais na área de dinâmica de sistemas de energia elétrica e proporcionar ao setor uma ferramenta na qual fatores importantes como eficiência, confiabilidade, precisão e robustez foram devidamente explorados e conjugados com as particularidades e necessidades do setor elétrico brasileiro, mas propício também para aplicações internacionais.

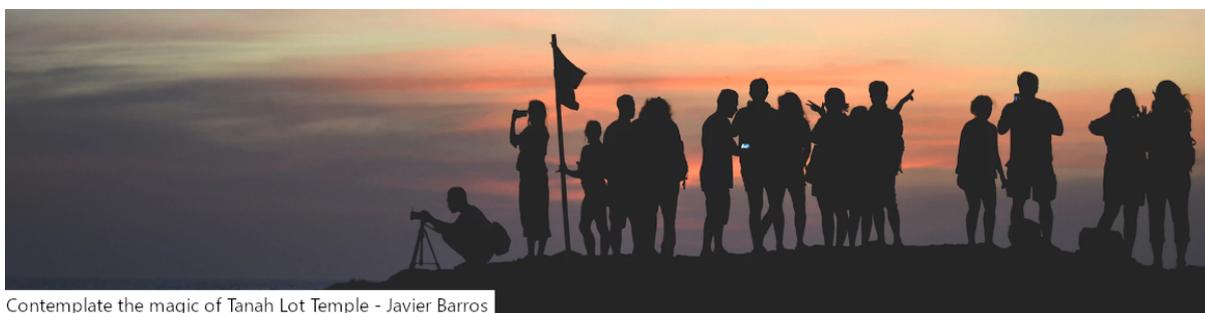
Fruto de pesquisa de muitos anos, atualmente o Anatem é utilizado amplamente pelo setor elétrico brasileiro em praticamente todos os estudos envolvendo dinâmica e transitórios eletromecânicos de usinas elétricas do Sistema Interligado Nacional (SIN). O Anatem foi adotado pelo ONS em seus Procedimentos de Rede para Estudos de Sistemas Elétricos como ferramenta oficial para estudos de estabilidade, sendo solicitado a todos os agentes que o adotem, permitindo assim uma comunicação com linguagem única.

O constante aperfeiçoamento do programa Anatem e da correspondente base de dados dinâmicos do SIN tem produzido resultados de simulação com alto grau de precisão e que tem permitido melhores tomadas de decisão nos âmbitos do planejamento da expansão ou da operação do sistema.

O Anatem possui a capacidade de representação dos principais componentes dinâmicos do sistema elétrico, tais como geradores síncronos, dispositivos FACTS, elos de corrente contínua, motores de indução, cargas estáticas ou dinâmicas, usinas eólicas e sistemas de controle de forma geral. Os sistemas de controle podem ser representados por modelos predefinidos ou, em especial, por controladores definidos pelo usuário (CDU) que conferem ao Anatem uma flexibilidade de modelagem e precisão de resultados únicas, devido à grande variedade de blocos elementares disponíveis para a montagem dos controladores e a solução robusta e eficiente destes blocos mesmo quando combinados de forma complexa e em grande quantidade. Ressalta-se ainda que o programa está dimensionado e projetado para a eficiente e robusta simulação de sistemas de grande porte, como é o caso do SIN.



## Equipe de Desenvolvimento



Contemplate the magic of Tanah Lot Temple - Javier Barros

Os trabalhos envolvidos no desenvolvimento deste programa foram realizados no âmbito do projeto 1122 do Departamento desde meados da década de 80, tendo tido importantes contribuições de diversos pesquisadores do Cepel, além de contribuição de fundações universitárias e estagiários. A atual versão do Anatem conta com a seguinte equipe de desenvolvimento:

### **Fabricio Lucas Lirio**

Possui graduação e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), respectivamente em 1998 e 2000. Doutor em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE/UFRJ) em 2007. Desde 2000 trabalha no Cepel, onde atua no Departamento de Redes Elétricas (DRE). Trabalha no desenvolvimento do Programa Anatem desde 2013, atual responsável pelo projeto Anatem, participou dos estudos da alternativa CCAT para o Aproveitamento das usinas do rio Madeira e Belo Monte e auxiliou no desenvolvimento do Programa PacDyn. Seus campos de interesse são: Transmissão CCAT, Equipamentos FACTS, Controle aplicado a Sistemas de Potência, bem como Estudos de Transitórios Eletromagnéticos, Eletromecânicos e Harmônicos. É membro do Comitê de Estudos B4 do Cigré-Brasil.

### **Lígia Rolim da Silva**

Possui graduação em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (2015) e Mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2020). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência. Atualmente é pesquisadora do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (Cepel), atuando no desenvolvimento do programa Anatem. Seus campos de interesse são: Dinâmica de Sistemas de Potência, Ressonância Subsíncrona, Transmissão em Corrente Contínua, Modelagem de Equipamentos para Simulação Dinâmica.

### **Nícolas Abreu Rocha Leite Netto**

Possui graduação e mestrado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), respectivamente em 2014 e 2016. Atualmente é pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, onde integra a equipe de desenvolvimento do Programa Anatem desde 2014. Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Sistemas Elétricos de Potência, atuando principalmente nos seguintes temas: Computação Científica, Dinâmica, Controle, Confiabilidade e Estabilidade de Sistemas Elétricos.

## 2.1 Colaboração Técnica

O projeto conta atualmente com a colaboração técnica dos seguintes pesquisadores:

### **Leonardo Pinto de Almeida**

Graduou-se em Engenharia Elétrica pela UFRJ em 2000, obteve o título de Mestre na área de Sistemas de Potência na COPPE/UFRJ. Desde 2002 é pesquisador no Departamento de Redes Elétricas do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL, onde desempenha atividades relacionadas ao planejamento e operação de sistemas de transmissão de energia. É membro do Comitê de Estudos B4 (CCAT e Eletrônica de Potência) do Cigré-Brasil. Suas principais áreas de interesse são: Transmissão CCAT, Equipamentos FACTS, Controle aplicado à Sistemas de Potência e Estudos de Transitórios Eletromagnéticos e Eletromecânicos.

### **Sergio Gomes Jr.**

Graduou-se em Engenharia Elétrica em 1992 pela Universidade Federal Fluminense, concluiu Mestrado e Doutorado também em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Rio de Janeiro em 1995 e 2002, em 2004 fez um pós-doutorado na Northeastern University em Boston, Estados Unidos e em 2016 um pós-doutorado na Norwegian University of Science and Technology em Trondheim, Noruega. Desde 1994 é pesquisador do Cepel trabalhando na pesquisa e desenvolvimento de programas computacionais para a análise de sistemas de potência e desde 2000 é gerente do projeto PacDyn no Cepel. Desde 2010 também é professor da Universidade Federal Fluminense. Suas principais áreas de interesse são: dinâmica e controle de sistemas de potência, eletrônica de potência, harmônicos e transitórios eletromagnéticos. É Senior Member do IEEE e membro do Comitê de Estudos B4 do Cigré-Brasil.

## 2.2 Agradecimentos

A equipe de desenvolvimento do programa agradece as contribuições oferecidas pelos antigos desenvolvedores:

- Carlos Henrique Costa Guimarães
- Flávio Rodrigo de Miranda Alves
- Júlio César Rezende Ferraz
- Luiz Maurício da Silva Thomé
- Ricardo Diniz Rangel
- Roberto Baitelli
- Sebastião Ercules Melo de Oliveira
- Sergio Gomes Jr.

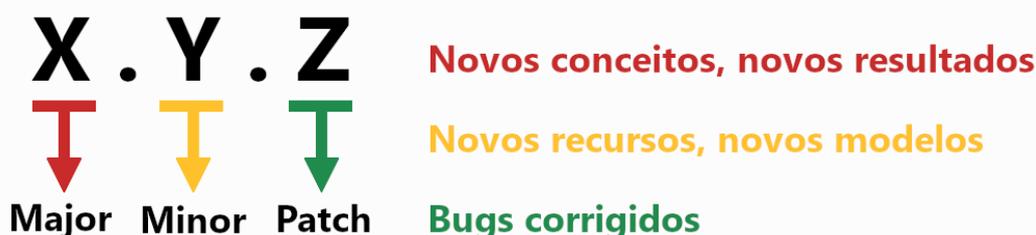
E em especial ao pesquisador Ricardo Diniz Rangel, por ter dedicado os últimos 18 anos de sua vida como gerente do projeto Anatem, tendo deixado grande quantidade de contribuições técnicas importantes.

A equipe de desenvolvimento ainda agradece aos pesquisadores Nelson Martins e Alquindar de Souza Pedroso que atuaram como consultores.

Por fim, a equipe também agradece a colaboração técnica e acadêmica oferecida pelos seguintes pesquisadores, que atuaram como bolsistas e estagiários do projeto:

- Agilio Coutinho Netto
- Felipe Tadeu Cardoso Fallet
- Milon Pereira da Silva
- Paulo Pereira Machado Junior
- Thiago José Barbosa da Rocha
- Vinicius Gonçalves Lopes
- Vinicius Rabelo Lopes

## Sistema de Versionamento



A produção do software Anatem conta com um sistema de automação na produção de novos recursos e correção de bugs. Desta forma, o ciclo de produção do programa foi alterado, permitindo que versões com correções de bugs sejam lançadas tão imediatamente se queira, sem comprometer o desenvolvimento de novos recursos. São esperadas duas versões por ano, uma em cada semestre, contendo novos recursos: como novos equipamentos, blocos de CDU, algoritmos, opções de execução e outras melhorias. Versões intermediárias, corrigindo bugs reportados, serão lançadas o mais brevemente possível.

Um novo padrão de numeração das versões do programa foi adotado, baseando-se no padrão [Semantic Versioning 2.0.0](#). A partir da versão de estreia deste padrão, a versão 11.5.0, a organização deste padrão segue o seguinte formato:

### Anatem X.Y.Z (Major.Minor.Patch)

São chamadas versões PATCH as versões que diferirem apenas pelo campo Z do padrão. Analogamente, são chamadas de versões MINOR e MAJOR as versões que diferirem pelos campos Y e X.

O sistema de geração do identificador único (GUID) considera que quando a nova versão a ser lançada é uma versão de patch, o GUID deve se manter. Isto significa que uma eventual versão 11.5.1 deverá sobrescrever a instalação da versão 11.5.0; mas uma eventual versão 11.6.0 poderá coexistir na máquina do usuário com a versão 11.5.0. Quando uma versão MINOR é lançada, a versão PATCH retorna a 0. Quando uma versão MAJOR é lançada, as versões MINOR e PATCH retornam a 0.

A documentação do programa será atualizada, necessariamente, ao lançamento de cada versão MINOR e MAJOR. Versões PATCH não gerarão nova documentação. O termo “documentação” compreende os seguintes documentos: Manual do Usuário, Guia de Utilização e Novidades da Versão.

O termo “Correção de bug” é definido aqui como toda mudança interna que corrige um comportamento incorreto do programa, não requerendo qualquer alteração por parte do usuário no caso de estabilidade ou no banco de dados dinâmico.

Por fim, um caso de estabilidade DEVE ser compatível entre versões que diferem pelo PATCH. Um caso de estabilidade PODE ser compatível entre diferentes versões MINOR e MAJOR.

### 3.1 O que esperar a cada lançamento?

Uma versão PATCH (x.y.Z) difere da sua versão anterior quando ao menos um dos seguintes itens é atendido:

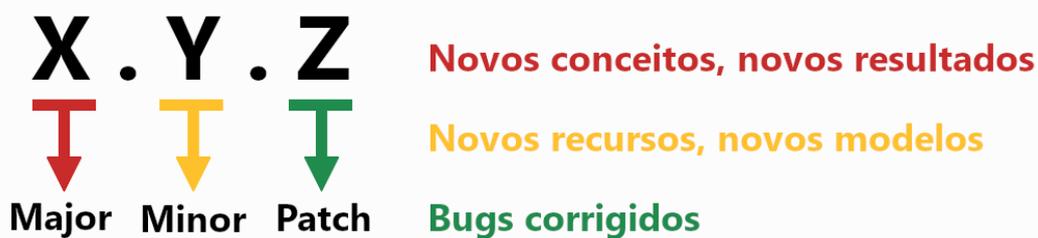
- Correção de bug que impede o funcionamento do programa (parada repentina)
- Correção de bug relacionado ao funcionamento incorreto de alguma função

Uma versão MINOR (x.Y.z) difere da sua versão anterior quando ao menos um dos seguintes itens é atendido, PODENDO ainda ter alterações PATCH:

- Novos *Códigos de Execução*
- Novas Opções de Execução
- Nova combinação entre Opções de Execução existentes
- Nova combinação entre Código de Execução e Opção de Execução existentes
- Novos campos em *Códigos de Execução* existentes
- Novas críticas a leitura de campos já existentes
- Mudança na API do programa
- Mudanças em constantes do programa
- Mudanças em dimensões do programa
- Aperfeiçoamentos diversos em recursos existentes

Uma versão MAJOR (X.y.z) difere da sua versão anterior quando ao menos um dos seguintes itens é atendido, PODENDO ainda ter alterações MINOR e PATCH:

- Novos recursos que alteram a forma de solução do programa
- Novos conceitos incorporados à fundamentação matemática do modelo
- Novos recursos que expandam o escopo de utilização do programa
- Funções são declaradas como obsoletas
- Funções são removidas do programa
- Novos recursos que alteram de maneira substancial a rotina de trabalho



---

**Nota:** O sistema de versionamento do Anatem assume o formato **Anatem X.Y.Z (MAJOR.MINOR.PATCH)**. Correções de bugs são esperadas para versões de update, onde apenas a numeração PATCH é alterada. Novos recursos e aperfeiçoamentos são esperados para novas versões, onde a numeração MINOR é alterada e MAJOR pode ser alterada.

---

## 4.1 Recursos a serem Disponibilizados

Nesta seção, encontram-se recursos implementados e bugs corrigidos que ainda não foram disponibilizados.

## 4.2 Versão 12.6

### 4.2.1 Initial Release (12.6.0)

Julho de 2024

#### Recursos de compatibilidade

1. Ampliação da capacidade de *DFNT* de 600 para 2400.
2. Ampliação da capacidade de *CDU* de 3500 para 4000.

#### Bugs corrigidos

1. Correção de um bug na inicialização do bloco *MONEST*.

## 4.3 Versão 12.5

### 4.3.1 Update 1 (12.5.1)

Fevereiro de 2024

#### Bugs corrigidos e aperfeiçoamentos menores

1. Correção de um bug que causava perda de desempenho na leitura dos dados do programa, quando na ocorrência de avisos. Nas bases em que a opção *WARN* está ativada, a diferença pode alcançar 30 segundos.
2. Correção de um bug na leitura da variável de plotagem *PGER* e *QGER* quando a barra não existia
3. Correção de um bug que acontecia na utilização da opção *ESTC* em conjunto a opção *INIC*

### 4.3.2 Initial Release (12.5.0)

Dezembro de 2023

#### Nova estrutura de séries temporais

---

**Dica:** Nesta versão, foram adicionados diversos recursos associados ao conceito de séries temporais. Consulte a seção *Séries Temporais* para maiores detalhes.

---

1. Criação de código *DSTR MD01* para a definição de *Série Temporal com Anualidade Presumida*.
2. Criação de código *DSTR MD02* para a definição de *Série Temporal Regular*.
3. Criação de código *DSTR MD03* para a definição de *Série Constante*.
4. Criação de código *DSTR MD04* para a definição de *Série de Queda d'Água oriunda do SUISHI*.
5. Criação de código *TIME* para *Definições acerca do Timestamp*.
6. Criação de código *DSTO* para *Definições acerca de Processos Estocásticos*.
7. Criação do tipo *Arquivos USIHID do SUISHI* código *DARQ* para vinculação às *serie\_temporal\_suishi*.
8. Criação do bloco de *CDU SERIET* para importação dos valores das séries temporais em controladores *CDU*.

9. Criação do relatório de inicialização *RSTR* para impressão dos valores das séries temporais utilizados nos controladores CDU.
10. Inclusão de *Tutorial sobre Séries Temporais* sobre a utilização das *Série Temporal com Anualidade Presumida*, *Série Temporal Regular*, *Série Constante* e *Série de Queda d'Água oriunda do SUISHI*.

### Outras novidades relativas a CDUs

1. A variável *CTAP* agora se encontra disponível para o *Bloco EXPORT* em controle CDU de conversor CA-CC.

### Novidades relativas a relés

1. Criação do código *DREL MD20* para representação da função de proteção de sub e sobretensão para corte de geração de barras sem modelo dinâmico definido.
2. Criação do código *DREL MD21* para representação da função de proteção de sub e sobrefrequência por frequência absoluta para corte de geração de barras sem modelo dinâmico definido.
3. Criação do código *DREL MD22* para representação da função de proteção de sub e sobrefrequência por taxa de variação da frequência para corte de geração de barras sem modelo dinâmico definido.

### Novidades relativas a plotagem

1. Possibilidade de identificar, no campo bloco do código *DPLT*, o bloco de CDU de interesse por meio da variável de saída alternativamente ao número do bloco.
2. Possibilidade de imprimir arquivos de plotagem (*Arquivo de Plotagem de Sinais* e *Arquivo de Plotagem de Variáveis de CDU*) no formato CSV.

**Atenção:** A leitura de formato CSV por parte do programa auxiliar PLOT só estará disponível a partir da versão 6.3.

### Bugs corrigidos

1. Correção do evento *LMOT* que não ligava corretamente a estrutura de motor de indução.
2. Correção de um bug na implementação de impressão de relatório quando existe erro de inicialização.
3. Correção de um bug que fazia o Anatem escrever as linhas inválidas mesmo que a opção *WARN* não estivesse habilitada.
4. Correção de um bug do *Bloco PHASE* que fazia uma divisão inválida quando uma das entradas era muito próxima de zero.
5. Correção de um bug que impedia o corte de geração funcional (*DGER*) com modelo Z constante.

## 4.4 Versão 12.4

### 4.4.1 Initial Release (12.4.0)

Fevereiro de 2023

#### Novidades relativas a CDUs

1. Novo recurso *Definição de Variáveis para Plotagem (DEFPLT)* para CDUs. Essa declaração serve para listar as variáveis de interesse em cada controlador para que sejam automaticamente plotadas pelo recurso *Arquivo de Plotagem de Variáveis de CDU* quando o número do bloco é deixado em branco no código *DPLT*.

---

**Nota:** Em função desta implementação, os arquivos gerados com o recurso *PLTCDU* acrescidos do caractere “\*” no campo bloco serão identificados com o sufixo “\_ALL”, enquanto que os arquivos gerados a partir do campo em vazio serão identificados com o sufixo “\_SEL”.

---

#### Novidades relativas a variáveis de plotagem

1. Possibilidade de identificar, no código *DPLT*, o bloco de CDU de interesse por meio da variável de saída alternativamente ao número do bloco.

#### Outras novidades e aperfeiçoamentos menores

1. Compatibilidade com a versão 11.7.0 do Anarede.

#### Bugs corrigidos

## 4.5 Versão 12.3

### 4.5.1 Initial Release (12.3.0)

Outubro de 2022

#### Novidades relativas a CDUs

1. Novos blocos Flip-Flop SR Reset-dominante (*FFLOPR*) e Flip-Flop SR Set-dominante (*FFLOPS*). Esses novos blocos se assemelham ao bloco *FFLOPI* com a diferença na situação em que as duas entradas (RE-SET,SET) são iguais ao estado indeterminado (1,1), conforme a tabela a seguir:

Variante	Saída
<i>FFLOPI</i>	$V_{sai}(t - \Delta t)$
<i>FFLOPR</i>	0
<i>FFLOPS</i>	1

2. Novos blocos trigonométricos baseados em graus. Esses novos blocos se assemelham aos blocos trigonométricos já implementados, que originalmente utilizam (como base da entrada ou da saída) o ângulo em radianos. Os novos subtipos a seguir apresentam o ângulo em graus:

- Bloco *FUNCAO* Subtipo *SIND*
- Bloco *FUNCAO* Subtipo *COSD*

- *Bloco FUNCAO Subtipo TAND*
  - *Bloco FUNCAO Subtipo ASIND*
  - *Bloco FUNCAO Subtipo ACOSD*
  - *Bloco FUNCAO Subtipo ATAND*
  - *Bloco FUNCAO Subtipo ATAN2D*
3. Implementação de tolerância numérica, aumentando a estabilidade numérica da solução matemática dos seguintes blocos:
- *Bloco COMPAR Subtipo .GE.*
  - *Bloco COMPAR Subtipo .LE.*
  - *Bloco COMPAR Subtipo .EQ.*
  - *Bloco COMPAR Subtipo .NE.*
  - *Bloco CURVA Subtipo IEC*
  - *Bloco CURVA Subtipo IEC2*
  - *Bloco CURVA Subtipo IEEE*
  - *Bloco CURVA Subtipo IEEE2*
4. Melhoria na lógica de identificação do algoritmo *OTMX* para os blocos *S/HOLD* e *T/HOLD*. Antes, a natureza matemática desses blocos não era totalmente explorada pelo algoritmo.

### Melhorias em relatórios e mensagens

1. Implementação de algoritmo para detecção das linhas com erros na entrada de dados. Agora, quando um erro for detectado em uma rotina de entrada de dados, o número da linha aproximada em que esse erro foi processado será informado.

**Atenção:** Apenas erros sintáticos (entrada de dados) podem ter suas linhas identificadas corretamente. Erros semânticos, por outro lado, são derivados do relacionamento entre os dados e, portanto, são menos diretos de serem identificados. No caso de declarações de CDU, por exemplo, os erros semânticos apontarão para a linha do comando *FIMCDU* correspondente.

2. Melhoria no relatório de estatística de simulação. O relatório *RELA ESTC* mostra o desempenho acumulado dos controles enquanto o *ESTC* junto do código *EXSI* mostra apenas no trecho de simulação.
3. Melhoria na acurácia das estatísticas de convergência de CDU (*ESTC*).

### Outras novidades e aperfeiçoamentos menores

1. Atualização de dimensões do programa. As seguintes dimensões tiveram seus limites alterados:

Equipamento	Versão	
	Anatem 12.2	Anatem 12.3
Modelos de CDU	3.000	3.500
Blocos de CDU	300.000	525.000
Números de blocos ENTRAD/IMPORT	75.000	131.250
Número de blocos SAIDA/EXPORT	75.000	131.250
Coefficientes de funções POL(s)	15.000	26.250
Entradas de blocos CDU	480.000	840.000
Variáveis de CDU	330.000	577.500
Variáveis de CDU a extrapolar	30.000	52.500
Parâmetros de CDU (DEFPAR)	150000	262.500
Definições de valor inicial (DEFVAL)	75.000	131.250
Locais remotos para CDU	30.000	52.500
Blocos de CDU dos tipos DISMAX ou DISMIN	6.000	10.500
Bloco de CDU do tipo ATRASO	1.500	2.625
Bloco de CDU do tipo ALERTA	1.500	2.625

## Bugs corrigidos

1. Correção da solução do bloco *PHASE* quando ambas as entradas são nulas.
2. Correção de um bug que não aplicava os efeitos da opção *PRES* corretamente aos arquivos gerados pelo recurso de *Arquivo de Plotagem de Variáveis de CDU*.
3. Correção de um bug em que erros ocorridos dentro do código *ACDU* poderiam não ser reportados corretamente.
4. Correção de um bug em que, no caso de um problema na leitura dos arquivos, o Anatem não removia os arquivos espúrios que eram produzidos.
5. Correção de um bug que afetava a linguagem de seleção, para áreas, quando na presença de barras desligadas. Algumas barras não eram devidamente selecionadas.

**Atenção:** Em função desta correção, a ordem em que alguns elementos são dispostos (como eventos simultâneos) pode sofrer alterações em relação às versões anteriores do programa. Algumas estatísticas de simulação também podem sofrer leve ajustes. O impacto dessas diferenças para as respostas é negligenciável.

6. Correção de um bug na estrutura de *Arquivo de Plotagem de Variáveis de CDU* em que a memória não era limpa corretamente quando o código *CASO* era executado.
7. Correção de um bug que fazia com que a barra de progresso da simulação não atualizasse corretamente no caso em que nenhum *DSIM* era informado ou então quando o comando *FIM* era dado antes do final do arquivo.
8. Correção de um bug no algoritmo *OTMX* que não previa a hipótese de inicialização não-conforme em blocos *S/HOLD* e *T/HOLD*.
9. Correção de um bug que causava incompatibilidade entre os arquivos *PLTCDU* e *OTMX*. O algoritmo *OTMX* poderia não respeitar os CDUs plotados na hipótese de um comando *EXSI INIC* ter sido realizado.

## 4.6 Versão 12.2

### 4.6.1 Initial Release (12.2.0)

Agosto de 2022

#### Novidades relativas ao método de solução

1. Novo método de solução *Adaptive Newton (ANWT)* para o código *EXSI*. Este método de solução a vantagem, em relação ao método *Dishonest Newton (DNWT)* de atualizar a matriz jacobiana adaptativamente, considerando o grau de convergência do sistema, aumentando o desempenho computacional, além de dispensar o parâmetro de fatoração do código *DSIM*. Este método converge, dentro das tolerâncias de convergência do programa, para a mesma solução numérica dos demais.

Tabela 4.1: Comparação entre os métodos para um caso de referência

	GAUSS	NEWT	DNWT f=1	DNWT f=20	ANWT
Tempo CPU	04:38,74	07:29,57	02:58,70	02:24,68	02:25,10
Tempo Rede CA	02:51,72	06:08,75	01:39,84	01:04,95	01:06,44
Tempo Modelo CA	01:14,65	00:54,11	00:52,89	00:53,56	00:52,78
Soluções rede CA	53,66	8,00	8,01	8,06	8,58
Soluções modelo CA	22,15	16,25	16,25	16,17	16,13
Iteração modelo-rede CA	7,41	4,85	4,85	4,83	4,82
Iteração modelo-rede CC	6,38	7,65	7,65	7,65	7,68
Iteração CC-CA	1,37	1,70	1,70	1,70	1,71

**Nota:** Gauss é o método tradicional do Anatem, utilizado quando as opções *NEWT*, *DNWT* ou *ANWT* não estão ativas.

#### Novidades relativas a CDUs

1. Novo bloco *PHASE* para o cálculo do ângulo de uma grandeza complexa a partir das suas projeções real (entrada 1) e imaginária (entrada 2), semelhante ao bloco *ATAN2*. A diferença entre esses blocos é que o novo bloco *PHASE* permite o rastreamento de ângulos inferiores a  $-\pi$  e superiores a  $\pi$ .

#### Melhorias em relatórios e mensagens

1. Inclusão de mensagem informando os tempos inicial e final, além do passo usado no trecho de simulação no relatório *OUT*.
2. Inclusão de mensagem informando as opções de execução utilizadas no trecho da simulação no relatório *OUT*.
3. Inclusão de mensagem informando o número de processos utilizados no paralelismo (se pertinente) no relatório *OUT*.
4. Melhoria do relatório *OTMX*: agora o tipo e o subtipo dos blocos removidos pelos algoritmos são indicados.
5. Melhoria na acurácia das estatísticas de simulação (*ESTS*) e ao relatório padrão de simulação.

## Outras novidades

1. Integração do arquivo de log do Anatem com a interface do programa. Agora o arquivo de log é aberto dentro da estrutura de mensagens da interface.

The screenshot shows the Anatem 12.1.0 software interface. The main window displays a log of simulation data for a CDU model. The data is organized into sections: a table of MDLD (Maximum Demand Load) values for various bars, followed by simulation parameters (DSTIM, Tmax, Stp, P, I), and finally the execution of the simulation (EXECUCAO DA SIMULACAO). Below the main window, a message window is open, displaying power variation statistics for two specific MDLD cases (T=150.0000s and T=160.0000s).

```

7074 MDLD 5990 47 0.0265
7075 MDLD 5990 51 0.2037
7076 MDLD 6000 1 0.1498
7077 MDLD 6000 2 0.0818
7078 MDLD 6000 3 0.0662
7079 MDLD 6000 4 0.2125
7080 MDLD 6000 5 0.1895
7081 MDLD 6000 41 0.1347
7082 MDLD 6000 42 0.1017
7083 MDLD 6000 43 0.2267
7084 MDLD 6000 46 0.1772
7085 MDLD 6000 47 0.0265
7086 MDLD 6000 51 0.2037
7087 999999
7088 (
7089 (
7090 ( DADOS DE SIMULACAO
7091 (
7092 ( DSTIM
7093 ( Tmax ) ( Stp ) ( P ) ( I )
7094 6100 0.002 1001
7095 (
7096 (
7097 ( EXECUCAO DA SIMULACAO
7098 (
7099 EXST
7100 (
7101 (
7102 ( FIM DA SIMULACAO
7103 (
7104 FIM
  
```

Message window content:

```

Pot. ativa : variacão de 0.00% + absoluta de 0.02MW
Pot. reat. : variacão de 0.00% + absoluta de 0.01Mvar

T=150.0000s MDLD - Variacão de carga na barra 51
Pot. ativa : variacão de 0.00% + absoluta de 0.19MW
Pot. reat. : variacão de 0.00% + absoluta de 0.06Mvar

T=160.0000s MDLD - Variacão de carga na barra 1
  
```

2. A seção *Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho* foi acrescida de mais informações acerca da detecção e análise de problemas de convergência nas simulações do Anatem, em particular na subseção *Problemas na modelagem de controladores CDU*.

## Bugs corrigidos e aperfeiçoamentos menores

1. Correção de um bug na inicialização do bloco *INTRES* quando não havia definição de limites e as entradas RESET e VINIC eram conhecidas.
2. Correção de um bug na lógica de plotagem do arquivo de plotagem de variáveis de CDU (*PLTCDU*) que, em alguns casos, escrevia o cabeçalho do arquivo em duplicata, impedindo a leitura pela Plot.
3. Correção no cálculo do equivalente de linhas CA com extremidade aberta via evento *ABCI*.
4. Correção de um bug no formato na impressão de mensagem de atuação de CDU na rede elétrica, onde o espaço disponível para a escrita do bloco do CDU era insuficiente em alguns casos.
5. Correção de um bug que impedia que o Anatem encerrasse a simulação corretamente ao detectar erros na solução dos modelos CA.
6. Correção de um bug que impedia a detecção correta do ponto onde um erro na solução CDU acontecia.
7. Correção de um bug que impedia a inicialização correta das variáveis de estado dos blocos *DLAYON* e *DLAYOF*.
8. Correção de um bug que impedia a escrita das estatísticas de simulação quando *NEWT* ativava automaticamente no último período da simulação.
9. Correção de um bug que imprimia incorretamente o instante de tempo da ocorrência de problemas na simulação quando dentro da rotina de pós-impacto em que o método de *NEWT* fosse ativado automaticamente.

10. Correção de um bug que omitia a impressão de mensagens de erro emitidas pela rotina de pós-impacto enquanto o *NEWT* automático estava habilitado.
11. Correção de um bug que, ocasionalmente, implicava na alteração indevida do estado de compensadores estáticos (*STCES*), de fonte shunt controlada (*ESTFNT*) e de bancos shunt individualizados (*STBSH*) devido a oscilações numéricas na transformação de ponto flutuante para inteiro.
12. Correção de um bug que não reestabelecia corretamente a relação de compensadores estáticos que estão habilitados no modo T, quando utilizadas as estruturas de snapshot (arquivo *SNAP* ou algoritmo *DLCA*).
13. Correção de um bug que fazia o *DLCA* atuar indevidamente quando todos os laços de rede e modelo, CA e CC, convergiam individualmente, mas não em conjunto.

## 4.7 Versão 12.1

### 4.7.1 Initial Release (12.1.0)

Abril de 2022

#### Novas Funcionalidades e Aperfeiçoamentos

1. Novo código de execução *AGMQ* para definição de agrupamento de máquinas síncronas utilizando linguagem de seleção, conforme o exemplo a seguir:

```

1  (=====
2  ( AGRUPAMENTO DE MÁQUINAS SÍNCRONAS
3  (=====
4  AGMQ
5  (NG) (      ID      )
6      10 Agrupamento_SIN
7  (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no)
8  BARR  1  A BARR 99999
9  (
10 FIMGMQ
11 (NG) (      ID      )
12      20 Agrupamento_5658_5659
13 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no)
14 BARR  5658
15 BARR  5659
16 FIMGMQ
17 (
18 (NG) (      ID      )
19      30 Agrupamento_Ilha_10
20 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no)
21 ILHA  10
22 FIMGMQ
23 (
24 999999

```

**Nota:** Resultados de inércia totalizada dos grupos de máquina síncrona definidos neste código poderão ser solicitados no relatório *RINE*.

2. Novo relatório de inércia totalizada de máquinas síncronas a ser solicitado pela opção *RINE* junto ao código *RELA*, para impressão (no arquivo *OUT* ou em *CSV*) dos relatórios compacto (apenas *RINE*) ou detalhado (*RINE FULL*) de inércia totalizada (ver código *AGMQ*), capacidade e despacho.

RELATÓRIO COMPACTO DE INÉRCIA SÍNCRONA AGRUPADA						
Grupo de Inércia		Capacidade	Inércia		Despacho	
Número	Nome do Grupo	[MVA]	[s]	[MVA.s]	[MW]	[MVA]
10	INERCIA_SIN	98998.93	933.89	393913.14	58503.38	58754.89
20	INERCIA_5658_5659	435.00	3.46	1505.10	357.11	357.93
30	INERCIA_ILHA_10	86810.04	915.82	354134.14	48550.20	48949.44

RELATÓRIO DETALHADO DE INÉRCIA SÍNCRONA AGRUPADA E POR USINA									
Grupo de Inércia		Capacidade	Inércia		Despacho		Máquinas Síncronas		
Número	Nome do Grupo	[MVA]	[s]	[MVA.s]	[MW]	[MVA]	Número	Nome Barra	Gp Un
10	INERCIA_SIN	98998.93	933.89	393913.14	58503.38	58754.89			
		760.00	3.86	2932.84	624.45	624.72	10	ANGRA1UNE	10 1
		1458.00	4.51	6575.58	1227.68	1228.73	11	ANGRA2UNE	10 1
		368.00	4.30	1582.40	245.76	246.60	12	LCBARRUHE	10 2
		148.00	3.49	516.67	88.23	88.45	14	FUNIL1UHE	10 2
		320.00	5.00	1600.00	225.87	235.97	16	FURNASUHE	10 2
		800.00	5.00	4000.00	0.06	472.57	17	FURNASSIN	10 5
		1825.00	4.31	7865.75	1261.40	1328.63	18	ITUMBIUHE	10 5
		570.00	4.30	2451.00	258.44	309.83	20	MARIMBUHE	10 3
		166.50	2.70	449.55	100.66	104.93	21	MANSO-UHE	10 3
		104.00	2.48	258.13	92.86	93.05	22	M.MORAUHE	10 2

- Novo tipo de arquivo *RINE* que pode ser solicitado ao código *DARQ* para impressão, em formato CSV, dos relatórios compacto e detalhado de inércia e despacho de *agrupamentos de máquinas síncronas*.

RELATÓRIO COMPACTO DE INÉRCIA SÍNCRONA AGRUPADA										
Número do G	Nome do Grupo	Capacidade [MVA]	Inercia [s]	Inercia [MVA.s]	Despacho [MW]	Despacho [MVA]				
10	INERCIA_SIN	98998,926	933,886	393913,1365	58503,3807	58754,8878				
20	INERCIA_5658_5659	435	3,46	1505,1	357,1144	357,9276				
30	INERCIA_ILHA_10	86810,036	915,816	354134,1355	48550,196	48949,4406				

RELATÓRIO DETALHADO DE INÉRCIA SÍNCRONA AGRUPADA E POR USINA										
Grupo AGMQ	Nome do Grupo AGMQ	Número da Barra	Nome da Barra	Grupo de Máquina	Unidades	Capacidade [MVA]	Inercia [s]	Inercia [MVA.s]	Despacho [MW]	Despacho [MVA]
10	INERCIA_SIN	10	ANGRA1UNE	10	1	760	3,859	2932,84	624,4545	624,7175
10	INERCIA_SIN	11	ANGRA2UNE	10	1	1458	4,51	6575,58	1227,6797	1228,7271
10	INERCIA_SIN	12	LCBARRUHE	10	2	368	4,3	1582,4	245,7553	246,5992
10	INERCIA_SIN	14	FUNIL1UHE	10	2	148	3,491	516,668	88,2328	88,4461
10	INERCIA_SIN	16	FURNASUHE	10	2	320	5	1600	225,8699	235,9652
10	INERCIA_SIN	17	FURNASSIN	10	5	800	5	4000	0,0571	472,5721
10	INERCIA_SIN	18	ITUMBIUHE	10	5	1825	4,31	7865,75	1261,3964	1328,6288
10	INERCIA_SIN	20	MARIMBUHE	10	3	570	4,3	2451	258,444	309,8318
10	INERCIA_SIN	21	MANSO-UHE	10	3	166,5	2,7	449,55	100,6557	104,9341
10	INERCIA_SIN	22	M.MORAUHE	10	2	104	2,482	258,128	92,8559	93,0485
10	INERCIA_SIN	24	M.MORBUHE	10	2	100	2,2	220	59,802	65,5616
10	INERCIA_SIN	28	PCOLOMUHE	10	2	164	3,115	510,86	80,695	83,3513
10	INERCIA_SIN	32	SCRU16UTE	10	1	235	5,435	1277,225	158,6539	158,6605
10	INERCIA_SIN	35	CORUMBUHE	10	1	139	3,33	462,87	78,474	86,7177
10	INERCIA_SIN	36	S.MESAUHE	10	1	472,6	5	2363	272,7548	285,9645
10	INERCIA_SIN	37	S.MESASIN	10	2	945,2	5	4726	-1,0963	153,094

- Novas variáveis de plotagem INERCS, PGAGR e CAPAGR para visualização, respectivamente, da inércia equivalente, despacho de potência ativa totalizado, e capacidade totalizada por *agrupamento de máquinas* ao longo da simulação.
- Novo tipo ILHA para a *linguagem de seleção*. Este novo tipo de seleção se aplica a todos os códigos de execução que utilizam a sintaxe da linguagem de seleção (*DCAR*, *DCEN*, *DERA*, *DLMQ* e *AGMQ*). O tipo ILHA viabiliza a seleção de conjunto de equipamentos pertencentes a ilha elétrica da barra CA informada no campo “no”.

A seguir é apresentado um exemplo de seleção por ILHA utilizando apenas a condição 1. Neste caso há definição de modelo de carga funcional para o conjunto de barras CA presentes na ILHA elétrica da barra 1 até a ILHA elétrica da barra 5000.

**Atenção:**

- Quando se utiliza a condição de união (A), todas as barras presentes nas ilhas da barra 1 até a barra 5000 terão a sua ILHA adicionada à seleção.
- Ao utilizar a condição de intervalo (E), somente a ILHA da barra 1 e a ILHA da barra 5000 serão adicionadas à seleção.

```

1 (=====
2 ( ALTERACAO DE CARGAS FUNCIONAIS
3 (=====
4 DCAR

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

5	(tp) (no) C (tp) (no) C (tp) (no) C (tp) (no) (A) (B) (C) (D) (Vmn)
6	ILHA 1 A ILHA 5000 100 0 0 100
7	999999

6. Novo evento *BPCS* para simulação de bypass de capacitor série modelado via código *DCSC* no Anarede e que esteja sem controle associado no Anatem.

### Recursos de compatibilidade

1. Ampliação da capacidade de *DCNE* de 200 para 500.
2. Ampliação da capacidade de blocos *DISMIN/DISMAX* de 1500 para 6000.
3. Ampliação do limite máximo de fontes shunt chaveadas por CDU (via subtipo *ESTFNT* do bloco *IMPORT*) de 40 para 300.
4. Compatibilização do pós-processamento com o nome automático do arquivo .plt solicitado via código *DARQ*.
5. Verificação de modificação de arquivos em outros editores e atualização de arquivos abertos na interface Anatem. Antes essa verificação/atualização só era realizada para o arquivo principal (.stb).
6. Compatibilização com o *histórico* gerado pela versão 11.6.2Abr2022 do Anarede.

### Novidades relativas a CDUs

1. Melhoria no algoritmo de CDU *Clustering* (código *CCDU*). Agora controles com dependência circular poderão ser corretamente inicializados, desde que definidos dentro de um *cluster* de CDU.
2. Novo subtipo *STCES* dos blocos *IMPORT/EXPORT* e do registro *DEFVAL* para chaveamento/leitura do número de unidades de compensador estático.
3. Novo subtipo *VTCS* do bloco *IMPORT* e do registro *DEFVAL* para leitura da tensão terminal da barra do compensador estático.

### Novidades relativas ao método de solução

1. Verificação da convergência entre Modelos e Rede CA para todos os casos. Esta verificação já era realizada em versões anteriores quando existiam Modelos CC na simulação.

**Atenção:** Em alguns casos, a verificação da convergência no laço de Modelos-Rede CA pode implicar em erro de convergência, que em versões anteriores não era detectado.

### Bugs corrigidos e aperfeiçoamentos menores

1. Correção de um bug na impressão de mensagens do pós-processamento.
2. Correção do *IMPORT QCES* para compensadores estáticos no modo T.
3. Correção de um bug que poderia implicar na leitura errada das mensagens na ocorrência de erro de convergência.
4. Correção de um bug no carregamento da biblioteca interna de modelos CDU em modo de execução batch.
5. Correção de um bug na inicialização do bloco *RATELM*.
6. Correção de um bug na solução de do evento *RINF* em que, em alguns casos, poderia haver evolução errada da tensão de referência.

7. Correção de um bug que poderia levar à violação de acesso após o chaveamento de fontes shunts controladas via subtipo *ESTFNT*.
8. Correção de um bug que poderia levar à plotagem indevida de variáveis definidas após a plotagem de um bloco *IMPORT* de CDU com subtipo *STBSH* associado à local remoto inexistente.
9. Correção de um bug nos relatórios de erro de convergência de reguladores built-in (*velocidade*, *tensão* e *estabilizador*), onde era indicado o número errado do equipamento.
10. Correção de um bug no reestabelecimento do arquivo histórico quando existia no caso geradores individualizados (DGEI no Anarede), mas estavam todos desligados.
11. Correção de um bug que impedia o fechamento de circuito CA quando ambas extremidades eram fechadas simultaneamente por CDU via bloco *EXPORT*, subtipo *STLIND* e *STLINP*.
12. Correção em formato de impressão de mensagem relativa ao fechamento da extremidade de circuito.
13. Correção de bug relativo à inicialização do bloco *POL(S)*.
14. Correção de um bug relativo à solução do bloco *FFLOPI*. O programa não estava verificando a convergência da solução do bloco corretamente.

**Atenção:** Em alguns casos, é possível que a versão 12.1 do Anatem apresente problemas para convergir modelos que em versões anteriores não possuía problemas de convergência. Esta diferença é decorrente da não verificação da convergência de blocos *FFLOPI* que acontecia anteriormente.

## 4.8 Versão 12.0

### 4.8.1 Update 3 (12.0.3)

Junho de 2021

#### Bugs corrigidos e aperfeiçoamentos menores



1. Inclusão do botão de parada (  na interface) para abortar a simulação em andamento.
2. Separação do *Arquivo de Plotagem de Curvas de Relés*. Agora, serão gerados arquivos individuais para cada tipo de relé de impedância. Não é necessário o usuário alterar o caso de estabilidade para utilizar este recurso.
3. Atualização do sistema de validação do programa, melhorando a compatibilidade com a modalidade monousuário de licenciamento.
4. Correção de um bug relativo ao uso da opção *DLCA* que tornava o arquivo de plotagem gerado incompatível com o programa FormCepel.
5. Correção de um bug relativo à validação da licença monousuário quando o Anatem era executado pela interface do programa.
6. Correção de um bug que tornava o modo DSA do Anarede incompatível com o recurso *RLOG* para impressão dos eventos da simulação.
7. Correção de um bug que impedia a leitura do arquivo de configuração da interface, não possibilitando a marcação por cores dos códigos e comandos dos arquivos de dados.
8. Correção de um bug no evento *RINF*. Quando a taxa de variação em rampa era fornecida no campo “%”, este evento não estava aplicando variação na tensão da barra infinita.
9. Correção de um bug na opção *ILHA* que impedia o desligamento de todas as barras pertencentes às ilhas sem geração síncrona.

10. Correção de um bug na opção *ESTS* que impedia o cálculo correto do tempo de execução de conversores CC.

## 4.8.2 Update 2 (12.0.2)

Maio de 2021

### Bugs corrigidos e aperfeiçoamentos menores

1. Melhoria de mensagem de erro do código *DFLA*, no caso de não serem encontrados circuitos no conjunto informado, para incluir a informação do número do grupo e do identificador. Nesta mensagem também foi acrescentada a recomendação da utilização da opção *BASE* para transformar essa mensagem de erro em aviso e ignorar a associação.
2. Correção de um bug que imprimia incorretamente o arquivo *PLTCDU* quando nenhuma outra variável estava sendo pedida no *DPLT* dentro do contexto *ANAC*.
3. Correção de um bug associado à importação de variável de CDU não utilizado na simulação. O valor do parâmetro default P2 não estava sendo considerado e o CDU estava assumindo o valor 0.0 na inicialização e na solução do *Bloco IMPORT CDU* (quando o CDU do sinal de origem estava desligado).
4. Correção da função que atualiza o tempo em tela para os modos *ANAC* e teste de máquina (*ETMQ*) para a arquitetura 64 bits.
5. Correção de um bug que impedia o *arquivo stbx* de ser lido corretamente no *Modo Shell* do Anatem.
6. Correção de um bug que permitia o acúmulo de arquivos temporários na pasta de trabalho.
7. Correção de um bug que impedia a inicialização de casos convergidos no Anarede 11.5.0 ou posterior na presença de *compensadores estáticos* desligados no caso.
8. Correção de um bug na inicialização das variáveis associadas ao *Arquivo de Plotagem de Curvas de Relés*. Quando a simulação não inicializava, a escrita do arquivo de plotagem do relé acarretava erro de execução.

## 4.8.3 Update 1 (12.0.1)

Abril de 2021

### Bugs corrigidos e aperfeiçoamentos menores

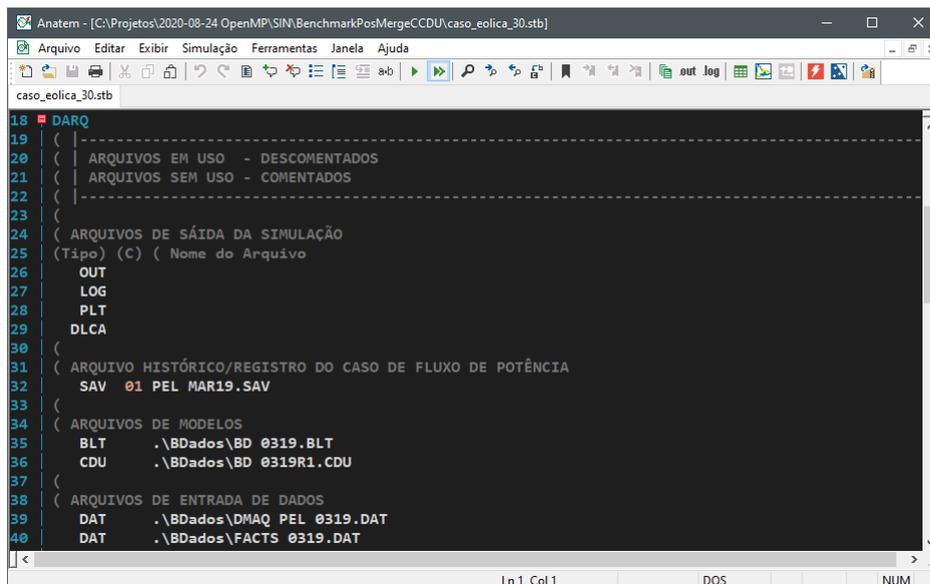
1. Correção de um bug na leitura do histórico, que tornava incompatível o uso de *CER* modelo T quando havia elementos desligados na rede.
2. Correção de um bug no *snapshot* que corrompia o arquivo na sua escrita.
3. Ajuste de uma mensagem da crítica do evento *RCNV* quando o controle associado é CDU. Uma mensagem errada era exibida em seu lugar.
4. Correção de um bug no *DFNT* associado ao uso da opção *DGEI* com ausência de preenchimento dos fatores de participação da barra de geração.
5. Correções diversas na opção *RSEG* utilizada no DSA do Anarede.

## 4.8.4 Initial Release (12.0.0)

Fevereiro de 2021

### Melhorias de desempenho e ferramentas para depuração

1. Novo algoritmo paralelizado para de solução de modelos. Este algoritmo pode ser ativado de três formas diferentes:
  - Pelo botão com duas setas (» na interface) ou pelo atalho F5. Nesta opção, o número de processos em paralelo será determinado automaticamente pelo Anatem.

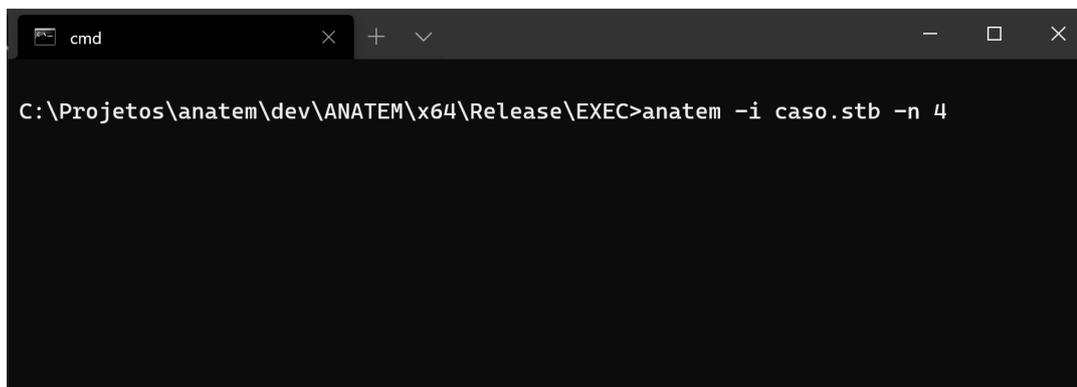


```

18 DARQ
19 (
20 ( ARQUIVOS EM USO - DESCOMENTADOS
21 ( ARQUIVOS SEM USO - COMENTADOS
22 (
23 (
24 ( ARQUIVOS DE SÁIDA DA SIMULAÇÃO
25 (Tipo) (C) (Nome do Arquivo)
26 OUT
27 LOG
28 PLT
29 DLCA
30 (
31 ( ARQUIVO HISTÓRICO/REGISTRO DO CASO DE FLUXO DE POTÊNCIA
32 SAV 01 PEL MAR19.SAV
33 (
34 ( ARQUIVOS DE MODELOS
35 BLT .\BDados\BD 0319.BLT
36 CDU .\BDados\BD 0319R1.CDU
37 (
38 ( ARQUIVOS DE ENTRADA DE DADOS
39 DAT .\BDados\DMAQ PEL 0319.DAT
40 DAT .\BDados\FACTS 0319.DAT

```

- Pelo argumento “-n X” onde X é o número de processos em paralelo (linha de comando). Nesta opção, o número de processos precisa ser explicitado pelo usuário na chamada do programa.



```

C:\Projetos\anatem\dev\ANATEM\x64\Release\EXEC>anatem -i caso.stb -n 4

```

- Por meio da opção *SPMD* no código *EXSI*. Nesta opção, o número de processos em paralelo será determinado automaticamente pelo Anatem.

**Dica:** A utilização explícita da opção *SPMD* não é recomendada, uma vez que limita o potencial de paralelização da solução em lote. Utilize o recurso pelo botão F5 na interface gráfica ou o argumento -n X pela linha de comando.

**Dica:** Quando o objetivo é *resolver múltiplos casos*, a utilização de solução paralelizada em Lote é recomendada por trazer maior ganho global. Utilize o algoritmo *SPMD* para a simulação monocaso regular.

**Nota:** O Anatem utiliza o número de processadores físicos disponíveis, e não o número de threads. O algoritmo *SPMD* abrirá 4 threads em um processador i5 ou i7 com 4 núcleos e 8 threads nas modalidades de uso pela interface e pela opção *SPMD*.

- Implementação da opção *ESTC* para *EXSI* (resumido) e *RELA* (completo). Esta opção lista todos os controles CDUs em função da sua severidade para a simulação.

**Nota:** Esta opção pode ser utilizada tanto no *EXSI* quanto no *RELA*. A diferença reside na extensão do relatório. Quando utilizada em conjunto com o código *EXSI*, os 10 piores casos são listados. Com o código *RELA*, todos os controladores utilizados na simulação são listados. O trecho abaixo ilustra o relatório esperado.

```

X-----X
|          RELATÓRIO DE ESTATÍSTICA DE CDU          |
|          (PIORES)                                |
|  Controlador          Soluções                    |
|  CDU      Nome do CDU  por passo  Severidade      |
X-----X-----X-----X-----X
  90000    MODELO_CDU_0    53.1853    *****
  90001    MODELO_CDU_1    22.1859    *****
  90002    MODELO_CDU_2    22.1859    *****
  90003    MODELO_CDU_3    22.1558    *****
  90004    MODELO_CDU_4    22.1558    *****
  90005    MODELO_CDU_5    21.6042    *****
  90006    MODELO_CDU_6    20.5653    *****
  90007    MODELO_CDU_7    19.8302    *****
  90008    MODELO_CDU_8    18.1929    *****
  90009    MODELO_CDU_9    18.0191    *****

```

O campo *Severidade* é um índice calculado em função da distância do campo “Soluções por passo” em relação a média de soluções por passos dos modelos. Cada asterisco representa um desvio padrão além do valor esperado ( $n = \left\lceil \frac{x - E[x]}{\sigma[x]} \right\rceil$ ).

O índice “Soluções por passo” não tem correlação direta com o índice “Média de soluções CA por passo” obtida no relatório regular do Anatem.

**Aviso:** Este relatório não deve ser utilizado para inferir o impacto do modelo sobre a rede. Ele apenas verifica a qualidade da convergência interna do modelo. É possível de um modelo ter boa convergência interna, mas ter em sua saída um sinal que alterna entre valores a cada step de simulação.

- Novo recurso CDU Clustering (*CCDU*). Este código de execução permite a declaração de controles de *DFNT* e *DCNE* a serem resolvidos de forma agrupada (em sequência).

**Dica:** Esse recurso deve ser usado quando existe comunicação entre CDUs e a ordem natural de solução dos controles apresenta problemas de convergência.

**Nota:** O Anatem resolve primeiro os modelos *DFNT*, em seguida os modelos *DCNE* e por último os modelos em CDU Clustering. Para um dado tipo de equipamento, a ordem de solução é a ordem informada na declaração dos elementos.

- Novo recurso de *cache de DLCA* para inclusão automática de delay na solução de variáveis de CDU (modelos

CA) que porventura tenham apresentado problemas de convergência em simulações prévias com ativação da opção *DLCA* e inclusão de delay em tempo de execução.

**Nota:** Este recurso deverá ser habilitado por meio da associação de arquivo de tipo *DLCA* no código *DARQ*, conforme ilustrado a seguir:

```

DARQ
(
( ARQUIVOS DE SAIDA DA SIMULACAO
(Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
OUT      .\
LOG      .\
PLT      .\
DLCA     .\
(
( ARQUIVO HISTORICO/REGISTRO DO CASO DE FLUXO DE POTENCIA
(Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
SAV      1 2Q2020_R1.SAV
(
( ARQUIVOS DE MODELOS
(Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
BLT      ..\BD0720R0\BDados\BD_0720.blk
CDU      ..\BD0720R0\BDados\BD_0720.cdu

```

O diretório de escrita do arquivo de cache poderá ser absoluto ou relativo ao arquivo STB. Na ausência de preenchimento do nome do arquivo de cache, o mesmo será definido automaticamente como *cache.dlca* e será alocado no diretório informado no código *DARQ*.

**Nota:** O recurso de cache de *DLCA* tem o mesmo efeito prático de adicionar manualmente um *DELAY* no controlador original, alterando o comportamento dinâmico do equipamento desde o instante inicial.

**Aviso:** Simulações de múltiplos casos com associação de arquivo de cache de mesmo nome e executados a partir de um mesmo diretório considerarão um arquivo de cache unificado.

**Dica:** A utilização de um cache em comum permite a uniformidade nos modelos dinâmicos em diferentes simulações, quando em algumas o *DLCA* é necessário. Sem este recurso, simulações diferentes podem implicar em modelos diferentes (alguns *DELAYs* poderiam ser inseridos em uns casos, mas não em outros).

**Dica:** Com um arquivo de cache preenchido, a opção *DLCA* pode ser desabilitada que mesmo assim os *DELAYs* serão inseridos. Isso pode trazer muitos ganhos caso o método de NEWT precise ser utilizado automaticamente ou caso haja muitas curvas a serem plotadas (*DPLT* e *PLTCDU*).

**Dica:** Para uma melhor uniformidade da resposta, sempre execute novamente a simulação quando algum novo bloco for adicionado ao cache do *DLCA*. O Anatem sempre informa no relatório compulsório do *DLCA* quando um bloco foi adicionado ao arquivo de cache.

5. Disponibilização de versão 64 bits do programa. Essa versão apresenta a vantagem de ser até 15% mais rápida que a versão de 32 bits. O instalador do programa instalará a versão 64 bits se possível, do contrário será instalada a versão tradicional em 32 bits.

**Nota:** A interface do programa continua em 32 bits.

6. Melhoria no desempenho da *estrutura de banco shunt*, trazendo desempenho para a *solução da rede CA e para proteções*.
7. Melhorias diversas nos laços de *solução do programa*, garantindo a convergência numérica com menor iteração dos modelos.
8. Melhorias computacionais diversas.

**Nota:** Avaliou-se o desempenho computacional do Anatem 11.10 e o tempo computacional da versão 12.0-dev; aplicando explicitamente os seguintes recursos:

- Paralelização por meio do algoritmo *SPMD* com  $n=4$
- Aplicação do *CDU Clustering (CCDU)*
- Cache de *DLCA*
- Versão 64 bits

Aplicou-se um curto monofásico (*APCC*) no barramento 7300 (Colina-TO, 500kV), com abertura de circuito associado. A BD0319 foi utilizada para essa avaliação, considerando o cenário com os modelos dinâmicos de eólicas e fotovoltaicas e sem esses modelos.



\* Em função de alguns bugs relativos à opção *ESTS* terem sido corrigidos, uma versão modificada com essas correções da versão 11.10.2 foi utilizada.

## Novidades relativas a CDUs

1. Nova opção de compatibilidade *CDUN* para *EXSI*. Esta opção emula o comportamento de comunicação com CDU para o modelo adotado no CDU Compilado.

**Aviso:** Esta opção pode provocar incremento no número de iterações necessárias para a convergência dos modelos, mas não deve alterar o resultado final. Com esta opção, a interface do CDU será atualizada uma vez a cada solução rede CA - modelo CA. Sem esta opção, a interface de CDU é atualizada uma vez a cada solução modelo CA.

2. Novo bloco *CURVA* para representação das características de tempo inverso para atuação de relés de sobrecorrente conforme as normas IEC 60255 e IEEE C37.112. Os seguintes subtipos do bloco *Blocos de Curvas de Tempo Inverso* foram implementados para representação das características de tempo inverso: *IEC*, *IEC2*, *IEEE*, *IEEE2*.

**Nota:** Exemplo de utilização do bloco *Blocos de Curvas de Tempo Inverso*:

```
(-----)
( BLOCO CURVA IEC
(nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
37 CURVA IEC Uin Yiec1 #Uref 1 #Dial
```

Descrição dos parâmetros do bloco *Blocos de Curvas de Tempo Inverso*:

- P1: Valor de referência a partir do qual o bloco é sensibilizado
- P2: Tipo da curva (os tipos de curva de tempo inverso são detalhados abaixo)
- P3: Dial de tempo

Definindo:

- TD = Dial de tempo (parâmetro P3)
- $M = \frac{V_{ent}}{P1}$

A tabela a seguir descreve os tipos de curvas e os parâmetros associados às curvas IEC:

Tipo da Curva		Sensibilização (IEC e IEC2)	Reset (IEC2)
P2	Descrição	Reset (IEC)	
1	normal inversa	$t_p = TD * \frac{0.14}{M^{0.02}-1}$	$t_p = TD * \frac{13.5}{1-M^2}$
2	muito inversa	$t_p = TD * \frac{13.5}{M^1-1}$	$t_p = TD * \frac{47.3}{1-M^2}$
3	extremamente inversa	$t_p = TD * \frac{80}{M^2-1}$	$t_p = TD * \frac{80}{1-M^2}$
4	inversa de tempo longo	$t_p = TD * \frac{120}{M^1-1}$	$t_p = TD * \frac{120}{1-M}$
5	inversa de tempo curto	$t_p = TD * \frac{0.05}{M^{0.04}-1}$	$t_p = TD * \frac{4.85}{1-M^2}$

Similarmente, a tabela a seguir descreve os tipos de curvas e os parâmetros associados às curvas IEEE:

Tipo da Curva		Sensibilização (IEEE e IEEE2)	Reset (IEEE2)
P2	Descrição	Reset (IEEE)	
1	normal inversa	$t_p = TD * \left( 0.0226 + \frac{0.0104}{M^{0.02}-1} \right)$	$t_p = TD * \frac{1.08}{1-M^2}$
2	muito inversa	$t_p = TD * \left( 0.180 + \frac{5.95}{M^2-1} \right)$	$t_p = TD * \frac{5.95}{1-M^2}$
3	extremamente inversa	$t_p = TD * \left( 0.0963 + \frac{3.88}{M^2-1} \right)$	$t_p = TD * \frac{3.88}{1-M^2}$
4	inversa de tempo longo	$t_p = TD * \left( 0.0352 + \frac{5.67}{M^2-1} \right)$	$t_p = TD * \frac{5.67}{1-M^2}$
5	inversa de tempo curto	$t_p = TD * \left( 0.00262 + \frac{0.00342}{M^{0.02}-1} \right)$	$t_p = TD * \frac{0.323}{1-M^2}$

**Aviso:** Note que os subtipos *IEC2* e *IEEE2* consideram a mesma equação de sensibilização adotada pelos subtipos *IEC* e *IEEE*, respectivamente. Porém, nesses casos o reset do relé é dado por equação específica com o objetivo de emular o comportamento do relé eletromecânico.

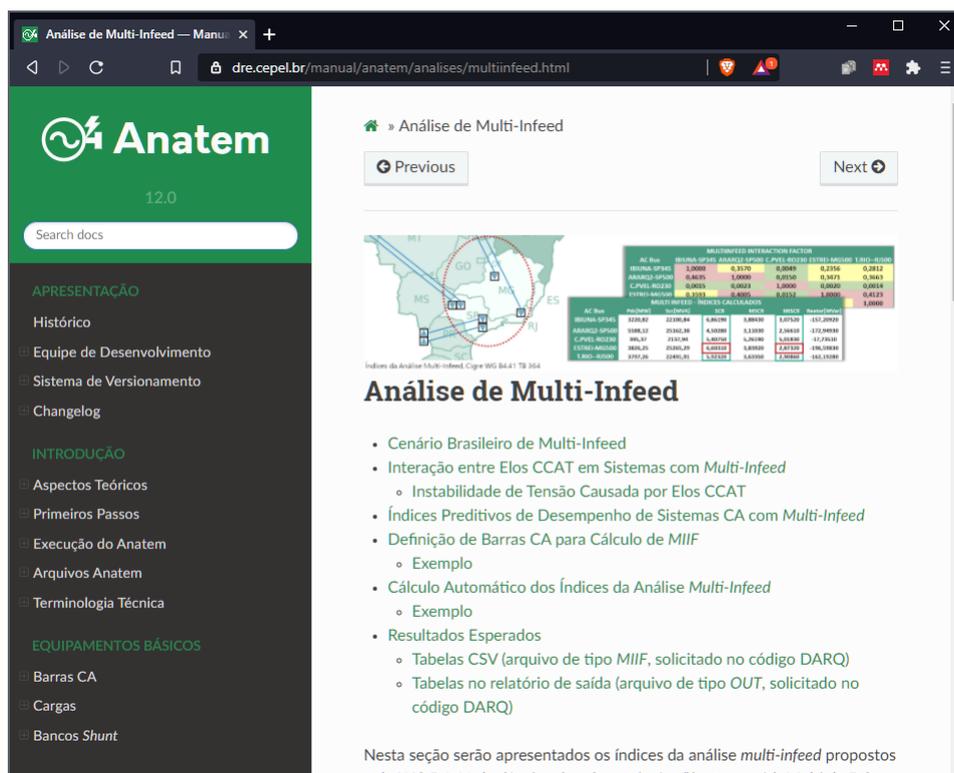
3. Novo bloco *BORDAI* para detecção de borda inteira. Este bloco tem funcionamento semelhante aos blocos *SUBIDA* e *DESCID* combinados, mas sensível à amplitude do degrau de entrada.
4. Novo subtipo *HYPOT* do bloco *FUNCAO* para o cálculo da norma euclidiana entre duas entradas, ou seja, este subtipo retorna a raiz quadrada do somatório do quadrado de suas entradas.
5. Novo parâmetro P2 para os blocos *DLAYON* e *DLAYOF*. Esse parâmetro funciona da mesma forma que o parâmetro P2 do bloco *MONEST* (tolerância para a qual o sinal é considerado ligado).
6. Ajuste nas tolerâncias default dos blocos *DLAYON*, *DLAYOF* e *MONEST*. Agora elas são iguais a *TABS*. Sinais de entrada acima de *TABS* são considerados Verdadeiro (1), e considerados Falso (0) caso contrário.
7. Novo subtipo *STBUS* do Bloco *IMPORT* para monitoração do estado da barra CA.
  - 0 - barra desligada
  - 1 - barra ligada em operação normal
  - 2 - barra em curto-circuito por *APCC*, *APCB* ou *MDSH*

### Melhorias no modelo de compensador estático (CER)

1. Compatibilidade com os modelos L e T do *Anarede*. O modelo T no *Anarede* permite a definição de um CER com limites referidos à alta tensão, com o equipamento conectado em uma barra de baixa. O *Anatem* herda a definição do modelo feita no caso de fluxo de potência.
2. Ajuste das variáveis de plotagem *QCES* e *BCES* quando o transformador é modo T. Essas variáveis serão referentes à barra de alta do CER, corrigidas pela contribuição do transformador.
3. Ajuste das variáveis de CDU *BCES*, *BMNCES*, *BMXCES* e *QCES* quando o transformador é modo T. Essas variáveis serão referentes à barra de alta do CER, corrigidas pela contribuição do transformador.

### Outras novidades

1. Novo manual do programa. Este novo manual foi desenvolvido em plataforma web, podendo ser acessado localmente na pasta de instalação ou pela *web*. A interface do programa dará prioridade ao acesso web, mas caso esteja indisponível, utilizará a versão local da instalação. Neste novo manual, os dados estão agrupados por equipamento (e não por código de execução), facilitando a interação do usuário com a documentação. Toda a estrutura deste novo manual foi repensada para trazer agilidade na busca de informações e para familiarizar os usuários do programa com novos recursos.



Existe uma versão em PDF desta documentação que pode ser encontrada na pasta de instalação ou então baixada na versão online do manual. O documento conta com cerca de 800 páginas na sua primeira versão.

**Dica:** Utilize, preferencialmente, a versão web do manual. A experiência do novo manual foi pensada nesta plataforma.

2. Nova ferramenta para análise de interação entre fontes shunts controladas (**EAIIF**). Essa metodologia é uma extensão da metodologia da Análise de Interação Multi-Infeed. O código **DMIF** pode ser utilizado para incluir barras adicionais na análise.
3. Nova opção **PRES** para o código **EXSI**. Esta opção permite a escrita do arquivo de plotagem com precisão estendida.
4. Aprimoramentos diversos da opção **ESTS**:
  - Inclusão da estatística “Média de soluções de modelo CA por passo”
  - Melhorias na precisão da ferramenta, diminuindo o overhead existente
  - Reorganização da informação apresentada para deixar evidente a dependência de árvore dos atributos mensurados
  - Inclusão das métricas para “Solução de Eólicas, Fotovoltaicas e CNE”, “Solução de outros modelos CA”, “Elos CC” e “Conversores CC”

```

Estatísticas acumuladas da simulação até t= 30.0000s
- Tempo total de simulação                      | 00:02:57.40
  0.25% Inicialização                            | 00:00:00.44
    - 82.05% Laço modelo CA - rede CA            | 00:02:25.55
      - 58.55% Modelos CA                       | 00:01:43.87
        | 17.81% Modelos de máquina síncrona   | 00:00:31.59
        | 38.50% Eólicas, fotovoltaicas e CNE  | 00:01:08.29
      -> 2.24% Outros modelos CA                | 00:00:03.97
    -> 23.50% Rede CA                          | 00:00:41.68
  - 3.91% Laço modelo CC - rede CC              | 00:00:06.94
    - 3.38% Modelos CC                         | 00:00:05.99
      | 0.05% Modelos de elo CC                 | 00:00:00.08
      -> 3.34% Modelos de conversores          | 00:00:05.91
    -> 0.53% Rede CC                           | 00:00:00.94
  - 1.62% Controle de proteções (Relés+ERAC)   | 00:00:02.86
-> 12.17% Processamento de I/O                | 00:00:21.59
    
```

- Novo recurso de plotagem de curvas e regiões de *relé MD04*. Agora o Anatem imprimirá também as curvas de impedância monitoradas pelos *relés MD04*. Este recurso é ativado automaticamente com o arquivo tipo *RELE* no *DARQ*.

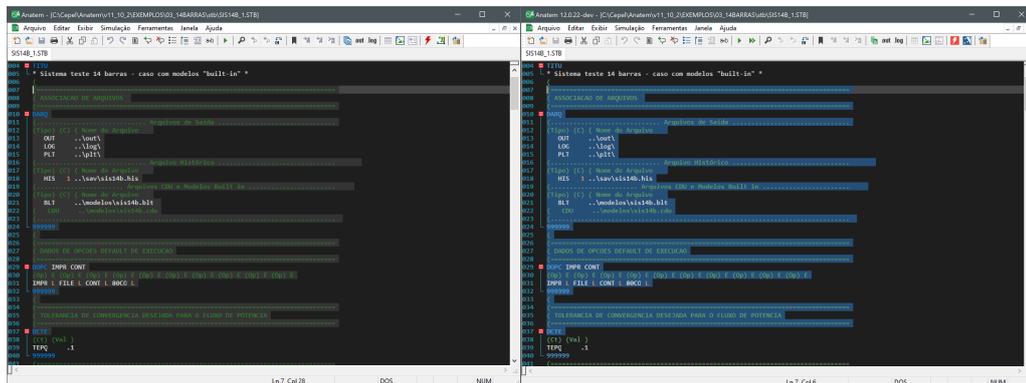
**Aviso:** É necessário atualizar a Plot para versão 6.2 para a utilização deste recurso.

- Novo arquivo *STBX*. Esse arquivo tem função equivalente ao arquivo *STB*, com a diferença que os caminhos relativos dos arquivos chamados pelo código *DARQ* são referentes ao arquivo com o código *DARQ*. O arquivo *STB* possui como lógica que todos os caminhos relativos sejam referentes ao *STB* principal. Os arquivos *STB* e *STBX* possuem ícones diferenciados.



**Dica:** O arquivo *STBX* apresenta flexibilidade muito superior ao arquivo *STB* para a manipulação de banco de dados. Não é necessário editar os caminhos dos arquivos do banco de dados em função da localização do *STBX*. Devido a forma como o banco de dados está organizado, é necessário atualizar o banco de dados para funcionar com arquivo *STBX*.

- Novo evento de simulação *RCDU* para variação em rampa na variável de saída de blocos *ENTRAD*.
- Novo evento de simulação *RINF* para variação em rampa na tensão em barra infinita.
- Melhoria na paleta de cores do tema “Modern Dark”, trazendo maior legibilidade e conforto visual.



## Aperfeiçoamentos menores e bugs corrigidos

- Atualização do atalho F5. Agora, esta tecla ativará o modo *paralelizado de solução* ao invés da solução sequencial tradicional.
- Melhoria no relatório de convergência. Agora, CDUs que não possuíam relatórios específicos também são listados (como CDUs de *DDFM*).
- Atualização da barra de tarefas para incluir um botão para ativação do algoritmo paralelo (*SPMD*) e para atualizar alguns ícones.
- Melhoria da opção *DLCA*: agora o Anatem indica no relatório *OUT* o tempo de retorno da função.
- Melhoria diversas nos relatórios:
  - Os cabeçalhos foram adaptados para aproveitar o interpretador léxico do Anatem
  - Limpeza na impressão de relatórios para reduzir a verbosidade do programa
- Melhoria na opção *IMPR*. Esta opção agora habilitará automaticamente a opção *WARN*.

7. Atualização da entrada da Interface “Novidades da versão”. A partir do Anatem 12, esta entrada redirecionará o usuário para a entrada “Changelog” do manual.
8. Implementação da possibilidade de interromper a crítica de dados realizada pela Interface Anatem quando o diretório de algum arquivo associado estiver incorreto.
9. Melhoria na integração com o Windows. Agora o número da versão é exibido junto do programa nos menus do sistema operacional em que se escolhe com qual programa se deseja abrir determinado arquivo (Abrir com...).
10. Correção de um bug da opção *ESTS*: o Tempo total de simulação reiniciava a cada *EXSI*. Agora ele considera todas as simulações cumulativamente
11. Correção de um bug que impedia o cálculo correto do tempo de simulação quando havia comutação automática para *NEWT* ou o método *DLCA* era ativado.
12. Correção de um bug que imprimia incorretamente o arquivo de curvas de *RELE* ao final de cada *EXSI*. Agora, este arquivo só é impresso ao final da simulação.
13. Correção de um bug no subtipo *STLDM* que criticava incorretamente o seu uso com local remoto do tipo *BARRAC*.
14. Correção de um bug que impedia o reconhecimento da opção *WARN* pela interface do programa.
15. Correção de um bug na opção *IMPR* quando usada junto do código *DPLT* em que não se indicava corretamente quando a opção *DESV* também estava ativa.
16. Correção de um bug que fazia com que o algoritmo *OTM5* (e *OTMX*) identificasse incorretamente o bloco *FRACAO* com ganho diferente de 0, quando P1 estava em branco e fosse P2 diferente de 0.

## 4.9 Versão 11.10

### 4.9.1 Update 2 (11.10.2)

Setembro de 2020

#### Bugs corrigidos e aperfeiçoamentos menores

1. Correção de um bug relativo à escrita do *arquivo snapshot*.
2. Aperfeiçoamento relativo à solução da tensão do conversor (*VCNV*) durante a falha de comutação, garantindo maior robustez numérica.

### 4.9.2 Update 1 (11.10.1)

Setembro de 2020

#### Bugs corrigidos e aperfeiçoamentos menores

1. Correção de um bug na escrita de arquivo do tipo *PLTCDU* relativo à ativação da opção *DLCA* quando o *NEWT* automático está habilitado.
2. Correção de um bug no bloco *ATRASO* introduzido na versão 11.10.0.
3. Correção de uma incompatibilidade do bloco *ATRASO* com a utilização prévia do código *EAMI*.

### 4.9.3 Initial Release (11.10.0)

Agosto de 2020

#### Melhorias em CDUs

1. Criação do bloco *FIMPRG* na estrutura de CDU para encerramento da execução do Anatem quando é detectada uma entrada com valor lógico igual a 1.
2. Aprimoramento do bloco *ORD(1)* para permitir a representação deste bloco com os parâmetros P2 e P4 nulos. Neste caso, o bloco *ORD(1)* será convertido em bloco *GANHO*.
3. Implementação da variável *NPCNV* para o bloco *IMPORT* para leitura do número de pontes de 6 pulsos que formam o conversor de cada polo HVDC.

#### Outras Novidades

1. A variável de plotagem *GAMA* (ângulo de extinção do conversor) voltará a assumir o valor zero durante o intervalo de falha de comutação do inversor. Esta variável havia sido alterada na versão 11.8.0 para permitir o cálculo do ângulo de extinção por meio da expressão  $[\gamma = 180^\circ - \alpha - \mu]$ , inclusive durante a falha de comutação.
2. Criação de nova variável de plotagem *GAMAC*, relativa ao ângulo de extinção calculado pela expressão  $[\gamma = 180^\circ - \alpha - \mu]$ . Esta variável é idêntica à variável do ângulo de extinção *GAMA*, a menos do período de falha de comutação, onde o valor calculado pelo programa poderá assumir valores negativo.
3. A partir dessa versão, a habilitação da opção CorFreq no *DMDG* fará com que o torque mecânico e o torque elétrico sejam considerados na equação de oscilação da máquina síncrona correspondente. Até a versão 11.9.4, apenas a potência elétrica era corrigida com a frequência ao habilitar a opção CorFreq.
4. Inclusão das opções *TMEC* e *TELE* (a serem utilizadas junto ao Código *EXSI*) para considerar apenas o torque elétrico e/ou o torque mecânico na equação de oscilação da máquina síncrona quando a opção CorFreq está habilitada. Estas opções não terão efeito na equação de oscilação de determinado modelo de máquina quando a opção CorFreq correspondente estiver desligada. Ao habilitar somente a opção *TMEC*, o torque mecânico é considerado na equação swing, e a potência elétrica não será corrigida com a frequência. Da mesma forma, habilitar a opção *TELE* isoladamente, apenas o torque elétrico seja considerado na equação swing, enquanto a potência mecânica não será dividida pela frequência do rotor nessa mesma equação.
5. Disponibilização de arquivo de template para modelo ANACDU (arquivo anacdu.tpa) para a interface Anatem.
6. Ampliação do número de dimensões monitoradas na opção *RDIM* do código *RELA*. Agora são mostrados também os seguintes limites (v11.9.1)
  - Blocos de CDU dos tipos *DISMAX* ou *DISMIN*
  - Blocos de CDU do tipo *ATRASO*
  - Blocos de CDU do tipo *ALERTA*
  - *Topologias de CDU* definidas pelo usuário
  - Número de mensagens definidas pelo usuário (*DMSG*)

## Bugs corrigidos e recursos de compatibilidade

1. Correção do algoritmo de interpolação do bloco *ATRASO* (a solução anterior apresentava instabilidade numérica para sinais descontínuos).
2. Correção de um bug intermitente que poderia ocasionar num erro de leitura do fator de participação no código *DDFM*.

## 4.10 Versão 11.9

### 4.10.1 Update 4 (11.9.4)

*Julho de 2020*

#### Bugs corrigidos

1. Correção de incompatibilidade entre as opções *DLCA* e o modo *ANAC*. A opção *DLCA* será desligada automaticamente neste caso.
2. Correção na rotina de interpolação para reconstrução de vetor de memória do bloco *ATRASO* quando há mudança no passo de simulação.
3. Correção no impedimento da escrita de arquivo do tipo *PLTCDU* quando nenhuma variável era plotada no arquivo *PLT* comum.
4. Correção na atualização de memória dos estados do bloco *MONEST*.
5. Correção no relatório de convergência quando o modelo CDU do conversor do Elo apresentava problemas.
6. Correção no XML do Anatem, em que a opção *BASE* não era reconhecida pela interface gráfica como uma opção válida.

### 4.10.2 Update 3 (11.9.3)

*Junho de 2020*

#### Bugs corrigidos

1. Correção de um bug no código *DFCM* que não ignorava o erro de associação de dado de falha de comutação para retificador quando a opção *BASE/IERR* estava presente.
2. Correção de um bug associado à opção *NEWT/DNWT* quando um CSC informado no *DCSC* era desligado.

### 4.10.3 Update 2 (11.9.2)

*Junho de 2020*

### Bugs corrigidos

1. Compatibilidade com a versão 11.4.0 do Anarede.
2. Correção de um bug que adicionava incorretamente barras para serem monitoradas quando o havia um sinal *IMPORT FREQ* apontando para uma barra inexistente no caso de parâmetro P2 preenchido.

### 4.10.4 Update 1 (11.9.1)

Junho de 2020

### Bugs corrigidos

1. Compatibilidade com a nova modalidade de licenciamento: versão Monousuário Web.
2. Ampliação do número de dimensões monitoradas na opção *RDIM* do código *RELA*. Agora são mostrados também os seguintes limites (v11.9.1)
  - Blocos de CDU dos tipos *DISMAX* ou *DISMIN*
  - Blocos de CDU do tipo *ATRASSO*
  - Blocos de CDU do tipo *ALERTA*
  - Topologias de CDU definidas pelo usuário
  - Número de mensagens definidas pelo usuário (*DMSG*)
3. Correção das dimensões da janela da função Localizar da interface do programa.
4. Correção do cálculo inicial do ângulo de extinção *GAMA* para retificadores.
5. Correção de um bug relativo a inicialização incorreta do bloco *ALERTA*.

### 4.10.5 Initial Release (11.9.0)

Maior de 2020

### Outras novidades e aperfeiçoamentos menores

1. Atualização de dimensões do programa. As seguintes dimensões tiveram seus limites alterados:

Equipamento	Versão	
	Anatem 11.8	Anatem 11.9
Modelos de CDU	2500	3000
Blocos de CDU	250000	300000
Números de blocos ENTRAD/IMPORT	62500	75000
Número de blocos SAIDA/EXPORT	62500	75000
Coeficientes de funções POL(s)	12500	15000
Entradas de blocos CDU	400000	480000
Variáveis de CDU	275000	330000
Variáveis de CDU a extrapolar	25000	30000
Parâmetros de CDU (DEFPAR)	125000	150000
Definições de valor inicial (DEFVAL)	62500	75000
Pontos para blocos do tipo FUNCAO subtipo PONTOS	30000	100000
Locais remotos para CDU	25000	30000
Fontes Shunt Controlada	400	600
Blocos de CDU dos tipos DISMAX ou DISMIN	250	1500
Bloco de CDU do tipo ATRASO	250	1500
Bloco de CDU do tipo ALERTA	250	1500

### Bugs corrigidos

1. Correção de um bug que desabilitava a solução de blocos de CDU em malhas inativas mesmo quando estas eram solicitadas para plotagem via *PLTCDU*. Agora, tanto os blocos de CDU solicitados via *DPLT* ou *PLTCDU* são impedidos de serem marcados como blocos em malhas inativas.
2. Correção no cálculo da potência de curto-circuito da *análise multi-infeed* no caso com carregamento.

## 4.11 Versão 11.8

### 4.11.1 Update 1 (11.8.1)

Fevereiro de 2020

### Bugs corrigidos

1. Correção de solução do bloco POL(s) quando o bloco possuía polo na origem para segunda ordem.
2. Correção da cor de fundo de seleção do tema Modern Dark.
3. Correção de um bug que impedia o programa de ser interrompido quando um erro era detectado pela rotina que verifica a interface entre CDUs e o sistema (blocos IMPORT/EXPORT e DLOCs).
4. Correção de um bug que impedia o bloco ALERTA de funcionar corretamente quando a transição detectada acontecia no mesmo instante de tempo de um evento.
5. Correção de um bug que afetava o desempenho do programa.
6. Correção de um bug que impedia a ativação da opção *SAD2*.

## 4.11.2 Initial Release (11.8.0)

Dezembro de 2019

**Aviso:** Nesta versão, há remoção de recursos considerados obsoletos

### Melhorias Relacionadas aos CDUs

1. Criação da constante MXAT que ignora a solução de blocos ATRASO com P1 superior a este valor (*default* =10). Para estes blocos, é considerado que o atraso é infinito; ou seja, a saída deste bloco será igual ao valor da inicialização.
2. Criação da estrutura de biblioteca de topologias de modelos CDUs (opção LIBS para o código ACDU). Esta biblioteca de topologias de CDUs disponibiliza ao usuário modelos de controladores para serem utilizados independente dos modelos de banco de dados, constituindo base interna do programa. Esta biblioteca pode ser encontrada dentro da pasta “modelos\_lib”, junto da instalação do programa. Os números da LIBS constituem base à parte dos dados informados pelo usuário pelo código DTDU. Esta biblioteca deverá ser populada conforme agentes e fabricantes autorizem a divulgação pelo programa dos seus controladores.

```

1  ( CDU sendo criado a partir de topologia definida internamente no_
   ↪arquivo models.cdu
2  ( A topologia (DTDU) contida no arquivo models.cdu não precisa ser_
   ↪declarada pelo usuário
3  ( O Anatem importa automaticamente este arquivo em sua execução
4  ACDU LIBS
5  (ncdu) (ntop) ( nome cdu )
6          1          2 AVRMAQ1
7  (EFPAR (nome) ( valor          )
8  DEFPAR #Ka          190.0
9  FIMCDU
10 999999

```

### Melhorias Relacionadas à Usabilidade do Programa

1. Atualização diversos detalhes da interface gráfica, como fontes e símbolos utilizados, permitindo uma leitura mais agradável em monitores de alta definição.
2. Adição dos temas “Midnight” (escuro) e “Legacy” (claro) para a interface. Esses temas podem ser aplicados em “Ferramentas -> Cores”. Além destes temas, os temas “Claro” e “Escuro” da versão anterior foram renomeados para “Modern Light” e “Modern Dark”, respectivamente. O tema *default* da instalação é o “Modern Dark”.

```

268 (=====  

269 ( DADOS DE EVENTOS  

270 (=====  

271 ( APCL -> aplicacao de curto-circuito em circuito CA  

272 ( RMGR -> renocao de gerador  

273 (=====  

274 ( DEVT  

275 (Tp) ( Tempo) ( E1 ) ( Pa)Nc( Ex) ( % ) (ABS ) Gr Und (B1)P ( Rc ) ( Xc ) ( Bc ) (Defas)  

276 APCL 1. 2 3 2 40  

277 RMGR 1. 1 10 2  

278 999999  

279 (=====  

280 ( DADOS DE SIMULACAO  

281 (=====  

282 (=====  

283 ( DSCR  

284 ( Tmax ) (Stp) ( P ) ( I ) ( F )  

285 30.00 -.005 5  

286 (=====  


```

#### Tema Legacy

```

268 (=====  

269 ( DADOS DE EVENTOS  

270 (=====  

271 ( APCL -> aplicacao de curto-circuito em circuito CA  

272 ( RMGR -> renocao de gerador  

273 (=====  

274 ( DEVT  

275 (Tp) ( Tempo) ( E1 ) ( Pa)Nc( Ex) ( % ) (ABS ) Gr Und (B1)P ( Rc ) ( Xc ) ( Bc ) (Defas)  

276 APCL 1. 2 3 2 40  

277 RMGR 1. 1 10 2  

278 999999  

279 (=====  

280 ( DADOS DE SIMULACAO  

281 (=====  

282 (=====  

283 ( DSCR  

284 ( Tmax ) (Stp) ( P ) ( I ) ( F )  

285 30.00 -.005 5  

286 (=====  


```

Tema *Modern Light*

```

269 ( DADOS DE EVENTOS
270 -----
271 APCL -> aplicacao de curto-circuito em circuito CA
272 DGR -> remocao de gerador
273
274 DEVT
275 (T) (Tempo) (E) (Pa) (E) (S) (ABS) Gr Und (B)P (Rc) (Xc) (Defas)
276 APCL 1. 2 3 2 40
277 DGR 1. 1 2 40 10 2
278 *****
279
280 ( DADOS DE SIMULACAO
281 -----
282
283 DSIH
284 (Tmax) (Stp) (P) (I) (F)
285 30.00 .005 5
286

```

Tema *Modern Dark*

```

269 ( DADOS DE EVENTOS
270 -----
271 APCL -> aplicacao de curto-circuito em circuito CA
272 DGR -> remocao de gerador
273
274 DEVT
275 (T) (Tempo) (E) (Pa) (E) (S) (ABS) Gr Und (B)P (Rc) (Xc) (Defas)
276 APCL 1. 2 3 2 40
277 DGR 1. 1 2 40 10 2
278 *****
279
280 ( DADOS DE SIMULACAO
281 -----
282
283 DSIH
284 (Tmax) (Stp) (P) (I) (F)
285 30.00 .005 5
286

```

Tema *Midnight*

## Melhorias Relacionadas às Mensagens e Relatórios

1. Melhoria no relatório de simulação na ocorrência de problemas de convergência.

## Outras novidades

1. Melhoria no processo de convergência com NEWT automático e opções *DLCA* e *SAD2*.
2. Criação da opção *ASYN* para escrita assíncrona de arquivo de plotagem. A escrita assíncrona traz ganhos no tempo de execução quando o arquivo de plotagem for muito grande ou a simulação for de difícil convergência.
3. Novo motor de solução para estabilidade eletromecânica. Este novo motor deverá apresentar melhor compatibilidade entre *Códigos de Execução* existentes (*SADD*, *SAD2*, *SAD3*, *DLCA*, *DLCC*, NEWT automático) e novas opções. O motor antigo pode ser acessado por meio da opção nova *LGCY* (Legacy). Por default, esta opção é considerada ligada por default e deve ser desativada por *DOPC* caso desejado.
4. Aprimoramento da opção *ILHA*. Ao ser utilizada com o código *EXSI*, o Anatem desligará ilhas elétricas sem geradores síncronos associados que venham a ser formadas durante a simulação.
5. Alteração na plotagem do ângulo de extinção *GAMA* do inversor, o qual será sempre calculado pela expressão  $[\gamma = 180^\circ - \alpha - \mu]$ . Portanto, o valor de *GAMA* poderá assumir valores negativos durante a ocorrência de falha de comutação.

## Recursos Obsoletos

1. A opção 1046 foi removida do programa. Esta opção alterava a forma pela qual as equações do bloco *POL(s)* eram resolvidas, dentre outros detalhes menores

## 4.12 Versão 11.7

## 4.12.1 Update 3 (11.7.3)

Outubro de 2019

### Bugs corrigidos

1. Correção de um bug que imprimia indevidamente mensagem de desligamento de grupo de banco shunt individualizado controlado por CDU (subtipo STBSH) quando este vinha ligado do Anarede com 0 unidades em operação.
2. Correção na leitura dos arquivos via DARQ. O Anatem antes converti tudo em UPCASE. Entrada por ULOG continua maiusculizando o nome e caminho do arquivo.
3. Correções adicionais de bug relacionado às estruturas de banco shunt, ilhas elétricas e CDUs no algoritmo de reestabelecimento do *DLCA* e *snapshot*.

### 4.12.2 Update 2 (11.7.2)

*Outubro de 2019*

#### Bugs corrigidos

1. Correções de bugs relativos à ativação do NEWT automatico quando o *DLCA* precisa atuar.
2. Correção de bugs que poderiam ocorrer quando o código de execução EAMI é realizado antes de código EXSI.
3. Correção de um bug no *DLCA* relativo à recuperação da informação de ilhas elétricas do sistema.
4. Correção de um bug relativo à remontagem de ilhas elétricas quando o Anatem precisava reavaliar a existência de novas ilhas.

### 4.12.3 Update 1 (11.7.1)

*Setembro de 2019*

#### Bugs corrigidos

1. Correções na emissão de mensagens devido à atuação das variáveis RTRF, XTRF, RCIR e XCIR

### 4.12.4 Initial Release (11.7.0)

*Agosto de 2019*

#### Melhorias Relacionadas aos CDUs

1. Implementação de recurso para cálculo de escorregamento inicial por meio de CDU para geradores eólicos do tipo gerador de indução de dupla alimentação (DDFM). Originalmente, o valor do escorregamento destes modelos era preenchido de forma manual, como parâmetro do modelo, e deveria ser ajustado ao ponto de operação utilizado. Com este recurso, um CDU pode ser definido com o objetivo de calcular este parâmetro na inicialização do modelo, retirando a necessidade de qualquer ajuste em função do ponto de operação

Para a utilização deste recurso deve-se informar no campo “(Slip)” da régua do Código de Execução DDFM, o número do CDU de inicialização. Para identificar que o preenchimento deste campo informa o número do CDU de inicialização, deve-se também preencher a coluna 65 ( campo “u” ) com o caractere “u”, pois dessa forma, o programa distinguirá quando o preenchimento do campo “(Slip)” informa o valor do escorregamento ou o número do CDU responsável pelo seu cálculo

```

1 DDFM
2 ( Nb) Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mc )u(Xvd )(Nbc) ( Slip )uR I
3 6073 10 100 100 66 17 90146u 90145u 21.50 2 2
4 6756 10 100 100 55 17 90148u 90147u 21.50 2 2
5 6793 10 100 100 28 17 90514u 90513u 999004u2 2
6 5612 10 100 100 33 17 90533u 90534u 999005u2 2
7 999999

```

Neste exemplo, o escorregamento inicial dos geradores eólicos das barras 6073 e 6756 está definido manualmente com o valor 21.5%, enquanto os geradores das barras 6793 e 5612 serão calculados pelos CDUs 999004 e 999005

2. Novos subtipos para importação (PUNDFM, Potência Ativa por Unidade do Modelo de Gerador Eólico de Dupla Alimentação) e exportação (SLDFM, Escorregamento do Motor de Indução do Modelo de Dupla Alimentação); sendo o SLDFM exclusivo para exportação em CDUs de inicialização de modelos DDFM

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 999004 Inic Slip
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 01 IMPORT PUNDFM Pger
6 02 FUNCAO PONTOS Pger Slip 0 .3268
7 .108 .3267
8 .1165 .3121
9 (...)
10 .6047-.1565
11 1 -.1642
12 03 EXPORT SLDFM Slip
13 FIMCDU
14 999999

```

3. Novo bloco ALERTA para emissão de mensagens definidas pelo usuário. Este bloco tem como objetivo permitir ao usuário que mensagens personalizadas sejam emitidas nos relatórios de simulação (arquivos .OUT e .LOG) por meio de um novo bloco ALERTA para CDUs.

Este bloco possui a seguinte entrada no manual:

Bloco terminador para emissão de mensagens. A mensagem com identificador P1 é emitida quando o sinal de entrada transita de 0 para 1. A mensagem com identificador P2 é emitida quando o sinal de entrada transita de 1 para 0. É considerado como 1 todo valor acima de 0,5 e 0 caso contrário. No caso de preenchimento com 0, o programa adotará a mensagem padrão. Caso seja deixado em branco, o Anatem não emitirá mensagem para a condição associada. As mensagens definidas nos parâmetros P1 e P2 devem corresponder a mensagens definidas no código DMSG.

As mensagens padrões possuem o seguinte formato:

```

1 T= 1.6500s ALERTA: Detectada transição 0 -> 1 em Y4MAX no bloco 13 do_
↔CDU Bloco_Alerta de número 1.
2 T= 5.0000s ALERTA: Detectada transição 1 -> 0 em Y4MAX no bloco 13 do_
↔CDU Bloco_Alerta de número 1.
3 T= 6.0500s ALERTA: Detectada transição 0 -> 1 em Y4MIN no bloco 23 do_
↔CDU Bloco_Alerta de número 1.
4 T= 9.0000s ALERTA: Detectada transição 1 -> 0 em Y4MIN no bloco 23 do_
↔CDU Bloco_Alerta de número 1.

```

4. Alteração de *threshold* para a detecção de borda de subida e descida dos blocos DLAYON e DLAYOF. A partir desta versão, a transição de nível lógico da variável de entrada, deixa de ser dada pela comparação com o valor zero e passa a ser comparada com o valor default 0,1. Este desenvolvimento teve como objetivo impedir a atuação indevida dos blocos DLAYON e DLAYOF devido variações numéricas desprezíveis.

## Melhorias Relacionadas à Usabilidade do Programa

1. Adição à interface do recurso de compactação de arquivos de um caso do Anatem. Esta funcionalidade reduz em um único arquivo 7z todos os arquivos necessários para a simulação, no Anatem, do caso \*.stb aberto na interface, bem como os arquivos de saída que tenham sido gerados. Este recurso pode ser acessado na barra de tarefas da interface (último botão) ou pelo menu “Ferramentas -> Compactar caso em 7z”.

O usuário poderá escolher o nome e o destino do arquivo compactado. Caso a compactação não tenha sido bem-sucedida, uma mensagem apropriada será emitida:



Neste caso, o arquivo 7z é gerado contendo todos os arquivos de entrada e saída do caso, mas ao menos um arquivo não conseguiu ter sua estrutura replicada dentro do arquivo 7z. Suponha o seguinte código DARQ para definição de arquivos de entrada e saída:

```

1  DARQ
2  (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
3  OUT      .\out\
4  LOG      .\log\
5  PLT      .\plt\
6  HIS      1  ..\sav\sis14b.his
7  BLT      ..\modelos\sis14b.bl
8  CDU      ..\modelos\sis14b.cdu
9  999999

```

2. Adição de tema escuro para o editor de texto da interface. O tema escuro pode ser aplicado em “Ferramentas -> Cores -> Tema Escuro”



```

051  (
052  (=====
053  ( DADOS DE EVENTOS
054  (=====
055  DEVT IMPR
056  (Tp) ( Tempo)( El )( Pa)Nc( Ex) ( % ) (ABS ) Gr Und          (Bl)P ( Rc ) ( Xc ) ( Bc ) (Defas)
057  (
058  (APCL  0.10  895  122  1          50
059  (RMCL  0.15  895  122  1
060  (ABCI  0.15  895  122  1
061  (
062  APCL  0.10  225  231  1          50
063  RMCL  0.15  225  231  1
064  ABCI  0.15  225  231  1
065  ((
066  (APCL  0.10  225  231  2          50
067  (RMCL  0.15  225  231  2
068  (ABCI  0.15  225  231  2
069  ((
070  999999

```

## Melhorias Relacionadas às Mensagens e Relatórios

1. Criação do Código de Execução DMSG para definição de mensagens pelo usuário. Neste novo código, são definidas as mensagens a serem emitidas pelo bloco ALERTA.

```

1  DMSG
2  (Lc)  ( Numero da mensagem
3  0010  Mensagem exemplo a ser emitida
4  999999

```

2. Criação de expressões regulares a serem utilizadas na definição de mensagens pelo código DMSG. Estas expressões são substituídas pelo Anatem conforme a seguinte relação:

Expressão	Significado
%vent%	Nome da variável de entrada do bloco
%nb%	Número do bloco
%nome_do_cdu%	Nome do CDU
%ncdu%	Número do CDU
%trns%	Transição observada (“0 -> 1” ou “1-> 0”)

3. Durante a inicialização dos modelos de CDU, o Anatem verifica se as entradas e as saídas dos blocos são coerentes. Em situações muito específicas, era possível do programa ao verificar a relação entre entrada e saída, detectar a violação dos limites das variáveis de estado do bloco. Mensagens foram adicionadas para alertar o usuário quando esta situação é verificada. Este desenvolvimento é válido para os blocos INTRES, LIMITA, LEDLAG, LDLAG2 e LAGNL

## Bugs corrigidos

1. Snapshot não era gerado corretamente na ausência de bloco POL(S)
2. Atualização da memória do bloco NOISE não era feita corretamente

## 4.13 Versão 11.6

### 4.13.1 Update 2 (11.6.2)

Junho de 2019

## Bugs corrigidos

1. O Anatem não convertia corretamente blocos EXPORT em SAIDA quando o subtipo era CDU e havia bloco IMPORT associado. Antes, o Anatem importava o valor 0 de CDUs desabilitados
2. Correção de um bug no cálculo da taxa de variação da frequência pelo ERAC
3. Correção de bug relativo *DLCA* com uso do subtipo RTRF/XTRF

## 4.13.2 Update 1 (11.6.1)

*Maio de 2019*

### Bugs corrigidos

1. Correção da atualização dos valores dos subtipos XTRF e RTRF por bloco IMPORT/EXPORT
2. Correção da mensagem do número da barra na crítica dos fatores de participação de potência do DMAQ
3. Compatibilização do recurso de *DLCA* com erros de limites de blocos CDU quando  $V_{MIN} > V_{MAX}$ . Neste caso o *DLCA* não deve atuar
4. Atualização das bibliotecas relativas ao Anarede 11.2.3

## 4.13.3 Initial Release (11.6.0)

*Abril de 2019*

### Novas funcionalidades e aperfeiçoamentos

1. Criação da opção BASE para *Códigos de Execução* DMAQ, DCER, DCSC, DCONV, DFNT, DELO, DCLI, DFCM, DERA e DREL, para construção de base de dados dinâmicos unificada para ser utilizada em múltiplos casos de fluxo de potência sem necessidade de intervenção do usuário
2. Criação do parâmetro opcional P1 dos blocos SUBIDA e DESCIDA referente a sensibilidade da detecção da borda de subida ou descida
3. Criação do parâmetro opcional P2 do bloco MONEST referente a sensibilidade da detecção da borda
4. Compatibilização com a versão 11.2.0 do Anarede
5. Ampliação da capacidade de relés de impedância (MD04) de 2000 para 8000

### Bugs corrigidos

1. Correções adicionais na estrutura STLIND e STLINP
2. Compatibilização dos subtipos STLIND e STLINP com os terminais da forma como foram definidos no DLOC
3. Correção de bug relativo à opção *DLCA* em que pontos descartados pela simulação estavam sendo plotados
4. Correção de bug relativo ao recurso PLTCDU em que os arquivos poderiam não ser gerados na ausência de outras variáveis de plotagem definidas em DPLT
5. Ajuste na codificação de página para terminal no Windows (CMD e Powershell)

## 4.14 Versão 11.5

### 4.14.1 Update 1 (11.5.1)

*Dezembro de 2018*

## Correções

1. Correção dos subtipos STLIND e STLINP do bloco IMPORT para a situação onde apenas um dos terminais está desligado no caso de fluxo de potência
2. Inclusão de DLLs ao instalador com o objetivo de aumentar a compatibilidade do Anatem com o Windows 7

### 4.14.2 Initial Release (11.5.0)

Dezembro de 2018

**Cuidado:** Esta versão apresenta críticas de leitura adicionais. Casos antigos podem requerer ajuste

#### Melhorias relacionadas a Análise de Multi-Infeed

1. Possibilidade de fornecer múltiplos *Códigos de Execução* EAMI e EXSI em um mesmo arquivo \*.STB, ou seja, é permitido realizar o cálculo dos índices da Análise de Multi-Infeed ao longo da simulação, após a aplicação de contingências, em quantos instantes forem desejados
2. Melhoria para imprimir no relatório de saída os índices da análise Multi-Infeed calculados mesmo quando os índices de determinada barra CA não convergirem. Também passa a ser realizada a impressão do valor da potência de curto circuito (Sc) e do reator calculado para 1% de afundamento de tensão para todas as barras CA listadas no Código de Execução DMIF e não somente para as barras CA dos inversores
3. Melhoria na estimativa inicial do reator utilizado para a Análise de Multi-Infeed, melhorando significativamente a convergência do algoritmo
4. Alteração da constante ITMI de 10 para 100. Esta constante pode ser alterada por meio do Código de Execução DCTE e representa o número máximo de iterações para o cálculo do índice MIIF da análise de Multi-Infeed
5. Aperfeiçoamento de alguns cabeçalhos relacionados aos relatórios de resultados da Análise de Multi-Infeed

#### Melhorias relacionadas a Controles Definidos pelo Usuário

1. Implementação do tipo de arquivo PLTCDU do código *DARQ* para plotagem de todas as variáveis de um CDU. Para o uso deste recurso, deve-se fornecer o tipo de arquivo "PLTCDU" no Código *DARQ*, informar o número do CDU desejado no Código de Execução DPLT, e preencher o campo referente ao número do bloco CDU com o caractere "\*\*\*". Um novo arquivo é gerado para cada CDU a ser plotado e os arquivos podem ser gerados com nome automático, quando não é preenchido o nome do arquivo no Código *DARQ*
2. Criação da Opção de Execução OTM5 para desligamento de malhas inativas em CDUs que contenham o bloco GANHO com o parâmetro P1 nulo. A partir desta versão, a Opção de Execução OTMX também incorporará esta lógica na detecção de malhas inativas
3. Criação do bloco NOISE. Este bloco adiciona um ruído aleatório, controlado por parâmetro, ao sinal de entrada
4. Bloqueio do subtipo STCIRC para o bloco EXPORT da estrutura de CDU. A remoção desta compatibilidade foi realizada para eliminar a possibilidade de conflitos de controle que poderiam surgir entre este subtipo, os subtipos STLIND e STLINP e a estrutura de eventos de abertura e fechamento de circuito. Como alternativa para o uso deste subtipo, sugere-se utilizar os subtipos STLIND e STLINP para realizar o comando das extremidades do circuito
5. A partir desta versão, o evento de abertura total de um circuito CA pelo Código de Evento ABCI faz com que os sub-tipos STLINP e STLIND relativos a este mesmo circuito transitem do nível lógico "1" para "0". Da mesma forma, o evento de fechamento de circuito (FECI) acarretará na transição dos subtipos STLIND e STLINP de "0" para "1". Os eventos de abertura e fechamento parcial de circuito, ou seja, abertura ou

fechamento de apenas uma das extremidades, resultará na alteração apenas do estado lógico do subtipo relacionado à extremidade envolvida no evento

6. Compatibilização do subtipo ESTCNV (estado de operação do conversor) com o bloco EXPORT para possibilitar o bloqueio permanente de polo por CDU
7. Criação do subtipo SCC para o bloco IMPORT e para o registro DEFVAL para permitir o cálculo da potência de curto-circuito trifásica de uma barra CA ao longo da simulação. Este cálculo é realizado utilizando a modelagem PECO (sem carregamento pré-falta). No entanto, é possível obter este índice considerando o carregamento pré-falta ao desabilitar a Opção de Execução PECO no Código DOPC
8. Criação dos subtipos REAT e RESI para IMPORT com local remoto de circuito CA (CIRCAC). Estas variáveis importam, respectivamente, a reatância e a resistência equivalente observada por um circuito, para fins de sistemas de proteção. Estas variáveis são equivalentes ao observado pelo usuário nas variáveis de plotagem REAT e RESI
9. Criação do subtipo STAPFC dos blocos IMPORT, EXPORT e do registro DEFVAL, para viabilizar a aplicação de falha de comutação por CDU. Este subtipo é dado pela variável lógica que representa o estado de aplicação da falha de comutação, portanto, é atribuído o nível lógico “0” para conversor em operação normal e o nível lógico “1” para conversor em falha de comutação
10. Implementação do campo OMISSÃO para o bloco IMPORT e declaração DEFVAL. Quando este campo estiver preenchido com o caractere “\*”, o Anatem não incluirá no relatório RELA P2D2 NULL as variáveis correspondentes, facilitando a depuração do banco de dados para IMPORT e DEFVAL com local remoto e valor default (P2/D2) não preenchido
11. Inclusão de crítica na leitura do campo D2 do registro DEFVAL da estrutura de CDU, para considerar erro o preenchimento deste campo quando o DEFVAL é numérico ou de subtipo VAR. Nestes casos, o parâmetro D2 jamais seria adotado e, portanto, o seu preenchimento é desnecessário
12. Compatibilização da Opção de Execução DCNI com os *Códigos de Execução* DFNT (fonte shunt controlada) e DCNE (controlador não específico) para o desligamento dos modelos de controladores nos quais ocorrerem problemas de inicialização
13. Criação da constante PRDA para limitar a profundidade de recursão do algoritmo habilitado pela opção *DLCA*. Esta constante tem valor 10 por default

### Melhorias relacionadas a Usabilidade do Programa

1. Criação do tipo de arquivo SINARQ para o código *DARQ* para viabilizar a associação de arquivo de sinais externos
2. Inclusão da possibilidade de nomear automaticamente o arquivo histórico de entrada por meio do código *DARQ*. Quando não é realizado o preenchimento do nome do arquivo histórico no Código *DARQ*, o Anatem considerará a associação de arquivo histórico de mesmo nome do arquivo principal, apenas substituindo a extensão do arquivo \*.STB pela extensão \*.SAV
3. Melhoria no desempenho da interface do Anatem. A reconstrução da estrutura de arquivos foi otimizada, reduzindo o tempo necessário pelo programa para este procedimento
4. Redução da verbosidade do programa e criação da Opção de Execução WARN. A partir desta versão, as mensagens de aviso são suprimidas do relatório \*.OUT, e a sua impressão só será realizada quando a Opção WARN for habilitada.

## Melhorias relacionadas a Mensagens e Relatórios

1. Criação de relatório automático para impressão de erros de associação de sinais de CDUs com locais remotos de medição ausentes. A partir desta versão, erros deste tipo deixam de ser impressos em cascata e passam a ser impressos de forma completa em um relatório automático compacto no arquivo \*.OUT
2. Criação da Opção de Execução P2D2 para ser utilizada juntamente com o Código de Execução RELA para impressão de relatório de parâmetros P2 do bloco IMPORT e D2 do registro DEFVAL que estão sendo utilizados na simulação
3. Implementação da Opção de Execução FULL para ser utilizada em conjunto com a Opção P2D2 e o Código de Execução RELA, para impressão de todos os parâmetros P2 do IMPORT e D2 do DEFVAL preenchidos nos arquivos de definição de modelos CDUs
4. Implementação da Opção de Execução NULL, a ser utilizada em conjunto com a Opção P2D2 e o Código de Execução RELA, para impressão de todos os parâmetros P2 do IMPORT e D2 do DEFVAL não preenchidos nos arquivos de definição de modelos CDUs, excluindo-se as declarações de parâmetros com preenchimento do campo OMISSÃO
5. Implementação da utilização conjunta das Opções NULL e FULL, a serem utilizadas em conjunto com a Opção P2D2 e o Código de Execução RELA, para impressão de todos os parâmetros P2 do IMPORT e D2 do DEFVAL não preenchidos nos arquivos de definição de modelos CDUs, incluindo as declarações de parâmetros com preenchimento do campo OMISSÃO
6. Criação da Opção de Execução RE2S para ser utilizada juntamente com o Código de Execução RELA para impressão do relatório de blocos EXPORT automaticamente convertidos em SAIDA, devido à ausência do local remoto de exportação do sinal do CDU
7. Criação da Opção de Execução ILHA a ser utilizada juntamente com o Código de Execução RELA. Este relatório lista todas as barras que foram desligadas por meio da opção ILHA

## Outras novidades, aperfeiçoamentos menores e bugs corrigidos

1. Compatibilização com a nova versão do arquivo histórico do Anarede V11.00.00
2. Criação da Opção de Execução ILHA a ser utilizada junto do primeiro Código de Execução EXSI presente no caso. Esta Opção de Execução desliga todas as ilhas elétricas que não possuem modelo dinâmico associado. É possível obter a relação de barras desligadas utilizando esta Opção juntamente com o Código de Execução RELA
3. Alteração de Constantes do programa. As seguintes constantes tiveram seus valores alterados:

Cons-tante	Função	Versão	
		Anatem 11.4	Anatem 11.5
ITMI	Limite de Iteração para cálculo de Índice Multi-Infeed	10	100
IACE	Limite de iteração para laço de rede CA no pós-impacto	100	300
PRDA	Limite de recursão em rotina para <i>DLCA</i>	-	10

4. Alteração em Dimensões do programa. As seguintes dimensões do programa tiveram seus limites alterados:

Equipamento	Versão	
	Anatem 11.4	Anatem 11.5
Transformador Defasador	800	3000
Barras em curto-circuito	10	500

5. Adequação do arquivo de template (template.tpa), da pasta de instalação do Anatem, para incorporar o recurso de nomes automáticos para os arquivos de saída com o uso do código *DARQ*
6. Adequação de estruturas de eventos com controle de estado de elemento por CDU. Foram adequados os seguintes subtipos de CDUs, com seus respectivos eventos: STLIND, STLINP, ESTCNV, STAPFC

7. Padronização das mensagens de erro de interface dos blocos IMPORT e EXPORT com os locais remotos de medição de sinais associados
8. Melhoria na impressão do relatório de controladores não inicializados e desligados pela Opção de Execução DCNI
9. Aperfeiçoamento na impressão de relatório de arquivos definidos por meio do código *DARQ* para o terminal do sistema operacional, quando em execução DOS
10. Aperfeiçoamento no tratamento da variável de EXPORT STGER. Agora, o sinal de entrada é arredondado ao inteiro mais próximo
11. Correção no algoritmo de identificação dos arquivos de saída pela interface do Anatem, quando feito uso do recurso de nomes automáticos para estes arquivos pelo Código *DARQ*
12. Correção de bug na solução do bloco ATRASO. O Anatem poderia não calcular corretamente o valor da saída quando o parâmetro P1 era inferior ao passo da simulação
13. Correção de um bug na estrutura do campo D2 do registro DEFVAL da estrutura de CDU
14. Correção de um bug relacionado à profundidade de recursão da opção *DLCA*, que poderia acarretar em loops infinitos na tentativa de solucionar o caso
15. Correção de um bug nos nomes das variáveis de plotagem que poderia ocorrer quando era utilizado o recurso de nomes manuais e haviam variáveis fornecidas no Código DPLT que não estavam presentes no caso. Neste caso, o Anatem poderia substituir os nomes das variáveis e estas poderiam não estar com nomes associados à variável correta no arquivo de plotagem
16. Correção de bug na impressão de relatório de controles não inicializados. Existia um bug na impressão do número do equipamento associado ao controle, podendo indicar outro equipamento não relacionado com o problema para alguns tipos de equipamentos
17. Correção da impressão de mensagens relativas ao campo DEFVAL da estrutura de CDU. A linha impressa no relatório poderia apresentar dados espúrios caso existissem comentários na linha do DEFVAL
18. Correção de bug relativo a entrada de dados de ERAC (DERA) em conjunto com a opção IERR. Na ocorrência de um ERAC que não seria associado ao caso em decorrência das barras monitoradas inexistirem, o Anatem desconsiderava as demais declarações do código DERA
19. Correção de bug relativo a cálculo da Análise de Multi-Infeed com conversor desligado. Em algumas situações, conversores desligados poderiam provocar mal condicionamento de matriz
20. Correção nos subtipos XTRF e RTRF dos blocos IMPORT, EXPORT e registro DEFVAL associados por meio de local remoto de medição CIRCAC. Quando o circuito associado no CIRCAC era um transformador, a impedância de dispersão do transformador estava multiplicada pelo tap, portanto, quando o tap era não unitário, o valor da impedância considerada era ligeiramente diferente do valor do caso de fluxo de potência
21. Correção de um bug na estrutura de ordenação de barras com tensão a ser extrapolada
22. Correção de um bug na impressão de valores muito pequenos no arquivo de plotagem

## 4.15 Versão 11.4

### 4.15.1 Update 1 (11.4.1)

Setembro de 2018

## Novas Funcionalidades e Aperfeiçoamentos

1. Criação da Opção de Execução OTMX para ser utilizada em conjunto com o Código de Execução RELA para impressão de relatório de todos os blocos desligados pela Opção OTMX em conjunto o Código EXSI. A impressão de relatório das Opções de Execução OTM1, OTM2, OTM3, OTM3 e OTMX geram um relatório resumido. O relatório completo deverá ser pedido pelo usuário por meio da Opção RELA OTMX
2. Compatibilização dos subtipos RTRF e XTRF via local remoto de medição CIRCAC com o bloco IMPORT e o registro DEFVAL da estrutura de CDU

## Correções

1. Coordenação das estruturas relacionadas ao evento de abertura de extremidade de circuito CA (Código de Evento ABCI) com os subtipos do bloco IMPORT STLIND/STLINP, quando ambos recursos estão associados a um mesmo circuito
2. Correção da inclusão indevida de elemento shunt de transformadores na matriz de admitância de barra utilizada no cálculo da potência de curto-circuito pela ferramenta de análise de Multi-Infeed
3. Correção na modelagem dos blocos de CDU: PROIN2, DLAYON, DLAYOF, MONEST, RATELM
4. Correção de bug que podia acontecer quando os dois limites de um bloco de CDU eram dados por uma mesma variável
5. Correção da impressão de mensagens de erro relativa aos grupos de fontes shunt controladas de barra CA que não totalizavam 100% de potência ativa ou reativa em uma mesma barra CA
6. Correção de um bug no critério de parada da Opção de Execução OTM3 que poderia levar o algoritmo a entrar em loop infinito
7. Correção de um bug relacionado à opção *DLCA* quando a Opção NEWT era habilitada automaticamente, o que produzia plotagem dos valores descartados pelo *DLCA*
8. Correção de um bug nas estruturas de snapshot gerados pelo programa Anatem com compilação para DSA quando era utilizada a opção *DLCA*
9. Correção de um bug nas rotinas de DSA que avaliava incorretamente a monitoração de potência reativa de algumas barras
10. Correção de um bug que forçava a parada de escrita de mensagens no relatório \*.OUT quando era dado um código *DEVT* dentro de algum arquivo associado pelo Código *DARQ*

### 4.15.2 Initial Release (11.4.0)

*Mai*o de 2018

## Novas Funcionalidades e Aperfeiçoamentos

1. Criação de opções de execução para desligamento de malhas inativas em controles definidos pelo usuário (OTM1, OTM2, OTM3, OTM4, OTMX). O objetivo destas implementações é de reduzir o tempo de CPU necessário para simulação de casos de estabilidade eletromecânica, mantendo a resposta observada inalterada
2. Criação de novo bloco de CDU para cálculo de derivada de sinal (DERIVA)
3. Criação de novo bloco de CDU para limitar a variação de um sinal em um setor (RATELM)
4. Criação de novos blocos de CDU capazes de detectar borda de subida e borda de descida de sinais lógicos (SUBIDA, DESCID)
5. Criação de novos blocos de CDU para facilitar a modelagem de controles de elo de corrente contínua (DLAYON, DLAYOF, MONEST)
6. Criação de um novo subtipo para o bloco de CDU tipo FUNCAO subtipo OFFSET

7. Aperfeiçoamento dos subtipos RTRF e XTRF, do bloco EXPORT permitindo seu uso para local remoto de circuito CA. O objetivo desta implementação reside na possibilidade de se modelar controles que sejam capazes de corrigir a impedância equivalente do transformador na ocorrência do corte de unidades geradoras
8. Implementação da possibilidade de chaveamento de banco shunt individualizado de circuito pelos relés MD07 e MD08
9. Implementação do evento de rampa na referência de potência do elo
10. Criação de opção de execução para flexibilização de tolerância de convergência (FLX2). O objetivo desde implementação é de reduzir o tempo de CPU necessário para simulação de casos de estabilidade eletromecânica, assumindo pequeno erro numérico associado
11. Adequação dos dados de entrada do relé de impedância MD19 à filosofia do relé quadrilateral para detecção de curto-circuito
12. Implementação de recurso para alterar o nome das variáveis de plotagem dentro do código DPLT
13. Disponibilização da variável de plotagem NUGER para plotar o número de unidades geradoras em operação durante a simulação

### Correções

1. Correção de um bug que acontecia quando o código DSIM não era informado e o Anatem comutava para o método de Newton automaticamente
2. Correção no cálculo do índice MISCR que se valia de variável inteira para sua determinação
3. Correção da crítica de ordenação da estrutura de cargas individualizadas do arquivo histórico do Anarede (DCAI)

## 4.16 Versão 11.3

### 4.16.1 Initial Release (11.3.0)

*Janeiro de 2018*

#### Novas Funcionalidades e Aperfeiçoamentos

1. Criação de novo bloco de primeira ordem (tipo ORD(1)) na estrutura de Controladores Definidos pelo Usuário (Código de Execução DCDU). Este bloco permite a definição de qualquer função de transferência de primeira ordem, podendo substituir os blocos LEDLAG, PROINT e WHSOUT
2. Criação de novo bloco de CDU (FEX) para melhor representação de uma função matemática de uso comum na modelagem de reguladores de tensão
3. Aperfeiçoamento na lógica interna do bloco ACUM para considerar sinais no instante  $t+$  decorrente de eventos
4. Aperfeiçoamento no relatório de inicialização duvidosa de blocos de CDU, através da unificação dos diversos relatórios parciais que antes era emitidos no arquivo de saída \*.OUT
5. Melhorias no funcionamento dos relés MD07 e MD08 (relé de sobretensão e relé de subtensão) para permitir a alteração do número de unidades de grupos de bancos shunts individualizados ligando capacitores ou reatores
6. Implementação do relé de impedância com característica quadrilateral (MD19) para detecção de curto-circuito
7. Melhorias no Código de Execução DGER, permitindo a definição de limites de tensão de bloqueio/desbloqueio em valores diferenciados para as parcelas de potência ativa e reativa

8. Melhoria no código *DARQ*, viabilizando a criação de nomes automáticos para os arquivos de saída. Para utilização deste recurso deve-se preencher no código *DARQ*, o tipo do arquivo de saída (OUT, LOG ou PLT) e o diretório dos mesmos (se este último for deixado em branco, os arquivos de saída serão gerados no mesmo diretório do arquivo principal). Os nomes automáticos dos arquivos de saída são iguais ao nome do arquivo principal, sendo adicionada aos mesmos, a extensão dos arquivos conforme o tipo
9. Compatibilização das ferramentas de Análise de Contingências e Pós-processamento com a estrutura do código *DARQ*
10. Melhoria na ferramenta de Pós-processamento, permitindo listar todos os arquivos de extensão \*.stb da pasta selecionada na lista de casos a serem analisados ou listar apenas os casos que restabeleçam o caso histórico informado no diálogo da interface desta ferramenta
11. Inclusão de um botão para invocar o Microsoft Excel para arquivos do tipo MIIF (ou qualquer outro programa vinculado ao arquivo .csv)
12. Mudança no atalho do botão da PLOT para abrir automaticamente também arquivos do tipo RELE
13. Atalhos para “Guia de Utilização” e “Novidades da Versão” adicionados no menu de ajuda da interface do programa
14. Compatibilização com o histórico do Anarede v10.02.05

## Correções

1. Correção da impressão das variáveis de plotagem quando a opção *DLCA* determinava retorno no tempo
2. Correção na leitura de múltiplos CDEs no Código de Execução ACDE, onde um CDE poderia não estar sendo vinculado à simulação de maneira apropriada
3. Correção na solução do modelo de Fonte Shunt de Tensão Controlada por CDU (Código de Execução DFNT)
4. Correção de um bug relacionado à opção *DLCA* na solução das redes CC-CA de forma desacoplada (opção *SADD*)
5. Correção de um bug relacionado à inicialização do bloco atraso, quando da utilização da constante de convergência TABS em valores acima de  $10^3$
6. Correção de um bug relacionado à plotagem de variáveis de barra infinita
7. Correção de um bug que não permitia a transformação de EXPORT em SAIDA quando existia a barra do local remoto, mas não o grupo do equipamento. Este bug afetava os seguintes equipamentos: máquinas síncronas, compensadores estáticos e carga dinâmica

## 4.17 Versão 11.2

### 4.17.1 Initial Release (11.2.0)

Julho de 2017

#### Novas Funcionalidades e Aperfeiçoamentos

1. Inclusão da Análise de Multi Infeed através dos *Códigos de Execução* EAMI e DMIF. Nesta análise é realizado o cálculo dos índices: MIIF, MISCR, MSCR, SCR e Potencial de Interação entre Elos. Os índices calculados são exportados no relatório de saída do programa
2. Inclusão da Análise de Segurança através da Opção de Execução RSEG do Código EXSI. Esta opção realiza a monitoração e análise dos critérios da avaliação de segurança dinâmica (DSA) nos elementos definidos pelo programa Anarede. A Opção de Execução RSEG deve ser habilitada no Código RELA para que os resultados da análise de segurança sejam exportados no relatório de saída (ver Apêndice “Análise de Segurança”)

3. Inclusão da opção *DLCA* para solução de problemas de convergência na solução de modelos CA. A opção de execução *DLCA* ao ser utilizada com o código de execução EXSI habilita a inclusão automática de delay na saída da variável com maior erro no CDU não convergente
4. Melhorias no código *DARQ*, permitindo que através de um arquivo de dados associado pelo código *DARQ*, seja dado outro código *DARQ*, fornecendo outros arquivos de dados. São permitidos infinitos níveis de aninhamento de arquivo de dados
5. A partir desta versão é possível fornecer o Código de Execução DPLT após o uso da Opção EXSI INIC
6. Adicionado o recurso de visualização de regiões de relés de impedância (MD05,MD09,MD18) e das variáveis correspondentes a cada modelo de relé. Criação de um novo formato de arquivo de plotagem para estas variáveis, o arquivo do tipo RELE no código *DARQ*, que é lido a partir da PlotCepel 6.1. Para a utilização deste recurso há o requisito de que exista no caso algum relé de impedância modelado através do Código de Execução DREL

## 4.18 Versão 11.1

### 4.18.1 Initial Release (11.1.0)

Dezembro de 2016

#### Novas Funcionalidades e Aperfeiçoamentos

1. Inclusão do modelo de geração como função da tensão através do Código de Execução DGER. O modelo ZIP da geração poderá ser definido através de linguagem de seleção, sendo que, apenas barras de geração não modeladas por equipamentos (máquina síncrona, motor de indução, fonte shunt controlada) seguirão o modelo definido no código DGER
2. Criação dos tipos de locais remotos de medição BSH e FNT, para medição de variáveis de banco shunt individualizado e fonte shunt controlada por CDU, respectivamente
3. Desenvolvimento de novos subtipos de blocos de CDU:

Subtipo	Função
STLIND	Monitoração e chaveamento de extremidade DE de circuito CA
STLINP	Monitoração e chaveamento de extremidade PARA de circuito CA
STBSH	Monitoração e chaveamento de unidades de banco shunt individualizado
NUBSH	Monitoração de unidades de banco shunt individualizado
QBSH	Monitoração do valor do shunt do grupo de banco shunt individualizado, em pu
ESTFNT	Monitoração e chaveamento de unidades de grupo de fonte shunt controlada por CDU
NUFNT	Monitoração de unidades de grupo de fonte shunt controlada por CDU

4. Melhorias no modelo de conversor VSI multinível (não PWM)
5. Melhoria no evento aplicação de curto circuito com afundamento de tensão (APCC). A partir desta versão é possível definir o número de passos de integração em que ocorrerá a aplicação do curto circuito através do preenchimento do campo unidades (Und) da régua de eventos. No relatório de saída serão informados os valores das impedâncias de curto inseridas a cada estágio deste evento. Este desenvolvimento melhora a convergência de casos críticos e viabiliza a obtenção de afundamentos de tensão bastante próximos aos valores definidos pelo usuário como meta de afundamento
6. Implementação das variáveis de plotagem PGER e QGER para visualização dos valores de geração de potência ativa e reativa das barras PV (tipo 1) do Anarede que não tiveram geração modelada por equipamentos no Anatem ou modeladas através do código DGER
7. Melhoria no relé de sub/sobrefrequência para desligamento de geração (MD14). Este desenvolvimento permite o ajuste de número de unidades do grupo de máquina síncrona a serem removidas no caso de atuação deste relé

8. Desenvolvimento do código *DARQ* para associação de arquivos de entrada (arquivos de dados, mode-los, caso histórico do Anarede) e saída ( arquivos de relatório e plotagem). A partir dessa versão é possível associar to-dos os arquivos de através de único código de execução
9. Alteração do passo de integração default de 0.005 para 0.001 segundos

### Correções

1. Aprimoramento da verificação dos arquivos de dados da Interface Anatem
2. Correção dos eventos de mudança de carga em barras sem carga ativa ou reativa no Anarede
3. Correção acerca dos parâmetros D2 do DEFVAL e P2 do bloco IMPORT para locais remotos de medição de máquinas, compensadores estáticos e capacitores série

## 4.19 Versão 11.0

### 4.19.1 Initial Release (11.0.1)

Agosto de 2016

**Cuidado:** Esta versão apresenta críticas de leitura adicionais. Casos antigos podem requerer ajuste

### Novas Funcionalidades e Aperfeiçoamentos

1. Criação da topologia para controladores definido pelo usuário. Esta funcionalidade permite a definição de uma topologia de CDU através do código DTDU que será compartilhada por outros controladores através do código ACDU
2. Implementação do controle de tap em transformadores conversores, através da criação do subtipo CTAP dos blocos IMPORT e EXPORT dos controladores definidos pelo usuário
3. Implementação do desligamento de circuitos, shunts, cargas e geradores através de sinais de controladores definidos pelo usuário, viabilizando a modelagem de relés por CDU. Sempre que um CDU atuar na rede elétrica, será exibida uma mensagem no relatório de resultados do programa, informando os dados do CDU responsável pelo chaveamento. Também foi criada a opção de omitir a impressão mensagens de atuação de CDU na rede através de um novo campo implementado na régua de dados de blocos de CDU
4. Implementação dos eventos Desligar e Ligar Barra CA, através dos códigos de eventos DBCA e LBCA. O evento LBCA permite que barras desligadas no caso histórico do Anarede sejam ligadas durante a simulação
5. Implementação do evento Remoção de Fonte Shunt Controlada por CDU, através do código de evento RFNT, sendo possível remover unidades, grupo ou todas as fontes shunts controladas de uma barra CA
6. Implementação do evento Aplicação de Curto Circuito com Afundamento de Tensão, através do código de evento APCC. Neste evento realiza-se o cálculo da impedância de curto para o afundamento de tensão em torno de um valor especificado (valor default de 0.65 pu), este valor pode ser alterado pelo usuário através do preenchimento do campo relativo a este dado na régua de eventos. A remoção deste curto-circuito pode ser realizada através do evento Remoção de Curto-Circuito em Barra CA (RMCB)
7. Implementação da atuação e monitoração do relé de sobretensão para desligamento de banco de capacitores (MD07), relé de subtensão para desligamento de banco reatores (MD08) e relé de subfrequência para desligamento de shunt de barra capacitivo (MD17) sobre grupos de banco shunt individualizados
8. Melhorias no relatório do relé de subfrequência para alívio de carga em barra CA (MD01) e do relé de sobre-frequência para desligamento de geração (MD11). Agora, no log de mensagens de simulação, é informada a taxa calculada pelo relé mesmo que sua operação tenha se dado pela frequência de retaguarda

9. A partir da versão 11.00.01 é possível ligar ou desligar unidades de banco shunt individualizado através do evento de modificação de shunt em barra CA (código MDSH)
10. Implementação das variáveis de plotagem QBSH e NUBSH para visualização do valor do shunt (Mvar) e do número de unidades de banco shunt individualizado.
11. Desenvolvimento da funcionalidade de comutação automática para o método de Newton na solução da rede CA. A partir desta versão sempre que ocorrer a não convergência do processo de solução CA-CC o programa automaticamente utilizará o método de Newton para a solução da rede CA
12. Criação da opção de execução DCNI nos *Códigos de Execução* DMAQ e DCER para o desligamento dos modelos de gerador, modelos de compensador estático e/ou os respectivos reguladores nos quais ocorrerem problemas de inicialização
13. Criação da opção de execução DGEI no código de execução DMAQ. Esta opção permite que seja utilizada a informação do número de máquinas do código de execução DGEI do Anarede e seja realizado o cálculo do fator de participação de potência ativa e reativa de cada grupo de máquina ao invés de utilizar estas informações do código DMAQ
14. Implementação dos parâmetros adicionais P2 e D2, nos blocos IMPORT e DEFVAL respectivamente. Estes parâmetros permitem que seja assumido pela variável destes blocos o valor default definido pelos parâmetros P2 e D2 na ausência do respectivo local remoto de medição
15. A partir da versão 11.00.01, blocos do tipo EXPORT que não possuem IMPORT correspondente serão convertidos em blocos SAIDA automaticamente. Será exibida uma mensagem no relatório de saída informando o número do CDU e do bloco que foi convertido automaticamente
16. Criação da opção de execução IERR que ignora erros de diversos códigos de associação de modelos do Anatem aos respectivos dados do arquivo histórico do Anarede. Os *Códigos de Execução* nos quais é possível utilizar esta opção de execução são os códigos DMAQ, DCER, DCSC, DFNT, DELO, DCNV, DFCM, DCLI, DPLT, e DFLA
17. Implementação da opção *SAD2* que ao ser utilizada junto com o código de execução EXSI habilita a solução desacoplada entre os processos iterativos CA e CC quando houver a não convergência entre esses laços. Esta solução desacoplada ocorre durante um intervalo de 10 ms que pode ser alterado através da constante TSAD
18. Implementação da opção de execução SAD3 que ao ser utilizada junto com o código de execução EXSI habilita a solução desacoplada entre os processos iterativos CA e CC, sendo que a cada 10 ms é realizada a solução acoplada entre estes processos visando à redução do erro acumulado. O intervalo entre as soluções desacopladas e a acoplada pode ser alterado através da constante TSAD
19. Implementação da Opção de Controle de Execução IEPS, que ao ser utilizada junto com o Código de Execução EXSI, permite que não ocorra a interrupção da simulação no caso de perda de sincronismo, ou seja, se determinada máquina atingir o limite de abertura angular de 1000 graus a simulação não será encerrada
20. Implementação da opção de execução FLXT cuja função é flexibilizar as constantes de tolerância de convergência do programa no período de tempo em que se está na comutação automática para Newton. Essa opção facilita a convergência em casos em que o pós-impacto é muito severo, mas não pode ser utilizada junto da opção NEWT
21. Leitura de arquivos .cde do CDUEdit pelo Anatem através do código de execução ACDE
22. Inclusão dos botões de atalho na interface do Anatem para os arquivos de dados, relatórios, arquivos de plotagem e botões de integração com os programas Anarede e CDUEdit.
23. Criação de novos ícones para os arquivos associados ao Anatem.
24. Foram aumentadas as seguintes dimensões:

Equipamento	Versão	
	Anatem 10.5	Anatem 11.0
Elo de corrente contínua	24	36
Barras CA com um terminal aberto	40	100
Blocos de CDU	100.000	250.000
Blocos de entrada de CDU (ENTRAD/IMPORT)	25.000	62.500
Blocos de saída de CDU (SAIDA/EXPORT)	25.000	62.500
Coefficientes de TF de blocos tipo POL(s)	5.000	12.500
Entradas de blocos de CDU	160.000	400.000
Variáveis de CDU	110.000	275.000
Variáveis de CDU a extrapolar	10.000	25.000
Variáveis de estado de CDU	20.000	50.000
Parâmetros de CDU	50.000	125.000
Definições de valor inicial de variáveis de CDU	25.000	62.500
Locais remotos para CDU	10.000	25.000
Fontes shunt controladas	200	400

### Correções

1. Aprimoramento da verificação dos arquivos de dados da Interface Anatem
2. Correção dos eventos de mudança de carga em barras sem carga ativa ou reativa no Anarede
3. Correção acerca dos parâmetros D2 do DEFVAL e P2 do bloco IMPORT para locais remotos de medição de máquinas, compensadores estáticos e capacitores série

## **Parte II**

# **Introdução**



## Aspectos Teóricos



Empire State, durante apagão, após o furacão Sandy (2012) - David Shankbone

A **análise de transitórios eletromecânicos** de Sistemas Elétricos de Potência (SEP) envolve a avaliação do **comportamento dinâmico não linear do SEP** após a ocorrência de **grandes distúrbios** na rede elétrica, a partir de um ponto de operação em regime permanente.

**Nota:** O tipo de distúrbio e a natureza dos fenômenos a serem analisados definem o grau de detalhamento e as características da modelagem a serem adotadas na representação do sistema elétrico. No escopo de análise dos transitórios eletromecânicos, a faixa de frequência das oscilações dos fenômenos de interesse situa-se entre 0.1 e 3 Hz.

O programa **Anatem** é um aplicativo computacional para simulações dinâmicas no domínio do tempo, visando a análise não linear da **estabilidade transitória** de sistemas de potência de grande porte.

Após a ocorrência de grandes perturbações na rede elétrica, usualmente decorrentes de súbitas mudanças estruturais na rede elétrica, o sistema sai do ponto de operação estável que se encontrava e tende a se acomodar em outro ponto de operação. Nestas circunstâncias, os geradores síncronos são submetidos a **acelerações** e **desacelerações** de tal intensidade que certas unidades ou grupos de unidades podem perder sincronismo entre si ou com o sistema.

**Atenção:** Dependendo da natureza e da duração do distúrbio, o comportamento dinâmico da abertura angular dos rotores das unidades geradoras poderá apresentar **oscilações amortecidas, sustentadas** ou **crecentes**, resultando em um novo ponto de operação estável ou na perda de estabilidade do sistema.

Além da informação a respeito da estabilidade do sistema, tensões nos barramentos, fluxos nas linhas de transmissão e o comportamento do sistema de proteção são algumas das variáveis de interesse após o período transitório.

**Nota:** O modelo completo do sistema consiste de um amplo conjunto de equações diferenciais ordinárias e um grande conjunto de equações algébricas esparsas. Portanto, a análise de estabilidade transitória é um problema

algébrico-diferencial com valor inicial conhecido.

As simplificações assumidas na modelagem do sistema para análise de transitórios eletromecânicos são baseadas na faixa de frequência dos fenômenos de interesse, caracterizada por *transitórios lentos* (0,1 - 3 Hz) avaliados no domínio do tempo em intervalos de simulação da ordem de 10 a 20 segundos. Nesta faixa de frequência, **os transitórios eletromagnéticos da rede elétrica podem ser desprezados**, uma vez que seus modos naturais de oscilação ocorrem em frequências superiores às de interesse.

**Nota:** Os componentes passivos da rede elétrica são modelados no domínio fasorial por meio da matriz de admitância de barra de sequência positiva. Os modelos dinâmicos dos equipamento ativos conectados à rede elétrica são descritos por modelos matemáticos que descrevem sua resposta dinâmica de frequência fundamental.

A natureza de variação mais lenta das grandezas envolvidas nesta análise permite a simulação de sistemas de potência em grande porte com **passos de integração da ordem de milissegundos**. Esta modelagem permite a linearização das equações analíticas e a integração de dados com o programa PacDyn para a análise linear de pequenas perturbações no SEP.

**Dica:** Utilize o programa PacDyn para a identificação de modos de oscilações instáveis e oscilações mal amortecidas no sistema, bem como para a realização de projeto de controladores eficientes para aumentar o amortecimento de oscilação do sistema.

## 5.1 Estabilidade de Sistemas de Potência

**Atenção: Estabilidade** é uma propriedade do sistema elétrico de potência, para uma determinada condição operativa inicial, de recuperar um novo estado de equilíbrio após ter sido submetido a uma perturbação, com a maioria das variáveis do sistema dentro de limites aceitáveis e de forma que praticamente todo o sistema permaneça íntegro.

O Anatem viabiliza as seguintes análises de estabilidade:

### Estabilidade angular

Capacidade das **máquinas síncronas de um sistema de potência interligado de permanecerem operando em sincronismo** após a ocorrência de uma grande perturbação. Está fortemente associado ao balanço de potência ativa (MW) e engloba análise de estabilidade oscilatória (dinâmica) e transitória. Depende da capacidade de restauração e manutenção o equilíbrio entre o torque eletromagnético e o torque mecânico de cada máquina síncrona no sistema.

### Estabilidade de tensão

Capacidade do sistema de potência, após ser sujeito a uma perturbação, de **acomodar tensões estáveis e dentro de limites aceitáveis** em todas as barras do sistema. Depende da capacidade de restaurar e manter o equilíbrio entre a demanda de carga e a produção de energia elétrica. Fortemente associado ao balanço de potência reativa (Mvar).

### Estabilidade de frequência

Capacidade do sistema de potência de manter a **frequência estável** após ser submetido a uma interrupção severa do sistema, resultando em um desequilíbrio significativo entre a geração e a demanda de carga. Depende da capacidade de manter e restaurar o equilíbrio entre a geração e a carga do sistema, com mínima perda não intencional de carga.

## 5.2 Dinâmica do Rotor da Máquina Síncrona

Na análise de estabilidade eletromecânica, a equação básica de oscilação dos rotores das máquinas síncronas é desenvolvida considerando que o eixo turbina-gerador é composto por uma única massa concentrada, com uma inércia equivalente ( $H$ ), dada pelo somatório das inércias das massas individuais que compõem o rotor da máquina síncrona.

**Nota:** Este modelo é adotado nos estudos de transitórios eletromecânicos para a análise de oscilações entre dos rotores de cada máquina síncrona em relação às demais máquinas de sistemas multi-máquina, permitindo observar o modo eletromecânico de oscilação, tipicamente entre de 0.1 e 3 Hz.

Em um gerador síncrono, o torque de aceleração (ou desaceleração) é dado pelo desequilíbrio entre os torques mecânico, eletromagnético e de amortecimento aplicados ao rotor:

$$T_a = T_m - T_e - T_D$$

Sendo:

$T_a$  = Torque acelerante, [N.m]

$T_m$  = Torque mecânico, [N.m]

$T_e$  = Torque eletromagnético, [N.m]

$T_D$  = Torque de amortecimento, [N.m]

A equação de oscilação dos rotores das máquinas síncronas é baseada no princípio elementar da dinâmica que relaciona o torque acelerante do rotor com o seu momento de inércia e aceleração angular. Esta equação é descrita na forma:

$$J \frac{d\omega_m}{dt} = J \frac{d\theta_m^2}{dt^2} = T_a = T_m - T_e - T_D \text{ [N.m]}$$

Sendo:

$J$	Momento de inércia da massa total do rotor	( $kg.m^2$ )
$\theta_m$	Abertura angular entre o rotor e uma referência estacionária	( $rad_{mec}$ )
$\omega_m$	Velocidade angular de rotação do rotor	( $rad_{mec}/s$ )
$t$	tempo	( $s$ )
$T_m$	Torque mecânico suprido pela turbina subtraído das perdas rotacionais	( $N.m$ )
$T_e$	Torque elétrico ou torque eletromagnético	( $N.m$ )
$T_a$	Torque acelerante	( $N.m$ )

O torque mecânico  $T_m$  e o torque elétrico  $T_e$  são considerados positivos para o gerador síncrono. Em regime permanente  $T_m$  e  $T_e$  são iguais e o torque acelerante  $T_a$  é nulo. Neste caso, não há aceleração ou desaceleração no rotor, e a sua velocidade de rotação será constante e igual a velocidade síncrona.

As massas rotativas, que incluem o rotor do gerador e a turbina, estão em sincronismo com as outras máquinas do sistema e giram na velocidade síncrona. A máquina motriz pode possuir turbina hidráulica ou a vapor, para as quais existem diferentes níveis de complexidade de modelos.

Uma vez que o ângulo do rotor ( $\theta_m$ ) é medido em relação a uma referência estacionária (estator), ele varia continuamente com o tempo na velocidade síncrona. Entretanto, há interesse em avaliar a velocidade relativa do rotor em relação a uma referência síncrona, sendo mais conveniente analisar a posição angular do rotor em relação a um eixo de referência que gira na velocidade síncrona.

Define-se:

$$\theta_m = \omega_s t + \delta_m$$

Sendo  $\omega_s$  a velocidade síncrona da máquina, em radianos mecânicos por segundo, e  $\delta_m$  a abertura angular do rotor, em radianos mecânicos, em relação a uma referência síncrona girante.

Derivando em relação ao tempo, obtemos a velocidade angular do rotor:

$$\frac{d\theta_m}{dt} = \omega_s + \frac{d\delta_m}{dt}$$

Derivando novamente, obtém-se a aceleração do rotor em  $\text{rad}_{mec}/s^2$ .

$$\frac{d^2\theta_m}{dt^2} = \frac{d^2\delta_m}{dt^2}$$

**Nota:** A velocidade angular do rotor ( $d\theta_m/dt$ ) é constante e igual a velocidade síncrona apenas quando ( $d\delta_m/dt$ ) for zero. Portanto, ( $d\delta_m/dt$ ) representa o desvio da velocidade do rotor em relação com a velocidade síncrona, medido em  $\text{rad}_{mec}/s$ .

A equação de oscilação pode ser normalizada em termos da **constante de inércia** ( $H$ ), definida como a razão entre a energia cinética armazenada no rotor da máquina na velocidade síncrona (dada em  $W.s$ ), e a capacidade nominal da máquina em [MVA] ( $S_n$ ):

$$H = \frac{1}{2} \frac{J\omega_{0m}^2}{S_n}$$

sendo  $\omega_{0m}$  a velocidade angular nominal em  $\text{rad}_{mec}/s$ .

Descrevendo o momento de inércia  $J$  em termos de  $H$  na equação de oscilação da máquina síncrona, obtemos:

$$\frac{2H}{\omega_{0m}^2} S_n \frac{d\omega_m}{dt} = T_m - T_e - T_D$$

A equação acima pode ser convenientemente rearranjada da seguinte forma:

$$2H \frac{d}{dt} \frac{\omega_m}{\omega_{0m}} = \frac{T_m - T_e - T_D}{S_n/\omega_{0m}}$$

Definindo o torque base como  $T_{base} = S_n/\omega_{0m}$ , e descrevendo a velocidade do rotor em por unidade como:

$$\bar{\omega}_r = \frac{\omega_m}{\omega_{0m}} = \frac{\omega_r}{\omega_0}$$

A equação de oscilação em por unidade é descrita pela expressão abaixo:

$$2H \frac{d\bar{\omega}_r}{dt} = \bar{T}_m - \bar{T}_e - \bar{T}_D$$

sendo  $\omega_r$  a velocidade angular do rotor em  $\text{rad}_{ele}/s$ .

Definindo o ângulo de carga do rotor  $\delta$  como a posição angular do rotor em  $\text{rad}_{ele}/s$  com relação a uma referência síncrona:

$$\delta = \omega_r t - \omega_0 t + \delta_0$$

sendo  $\delta_0$  o valor do ângulo de carga do rotor em  $t = 0$ . Derivando em relação ao tempo, temos:

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega_r - \omega_0 = \Delta\omega_r$$

Derivando novamente, obtemos a aceleração angular do rotor:

$$\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{d\omega_r}{dt} = \frac{d(\Delta\omega_r)}{dt} = \omega_0 \frac{d\bar{\omega}_r}{dt} = \omega_0 \frac{d(\Delta\bar{\omega}_r)}{dt}$$

Escrevendo a equação de oscilação de máquina em termos da aceleração angular do rotor e expressando o torque de amortecimento  $T_D$  como uma parcela proporcional à variação de velocidade do rotor em relação à velocidade síncrona, temos:

$$\frac{2H}{\omega_0} \frac{d^2\delta}{dt^2} = \bar{T}_m - \bar{T}_e - D\Delta\bar{\omega}_r$$

sendo  $D$  o fator ou coeficiente de amortecimento em [pu de torque/pu de variação de velocidade].

O desvio de velocidade em pu é descrito como:

$$\Delta\bar{\omega}_r = \frac{\Delta\omega_r}{\omega_0} = \frac{1}{\omega_0} \frac{d\delta}{dt}$$

Portanto, a equação de oscilação pode ser reescrita como:

$$\frac{2H}{\omega_0} \frac{d\delta^2}{dt^2} = \bar{T}_m - \bar{T}_e - \frac{D}{\omega_0} \frac{d\delta}{dt}$$

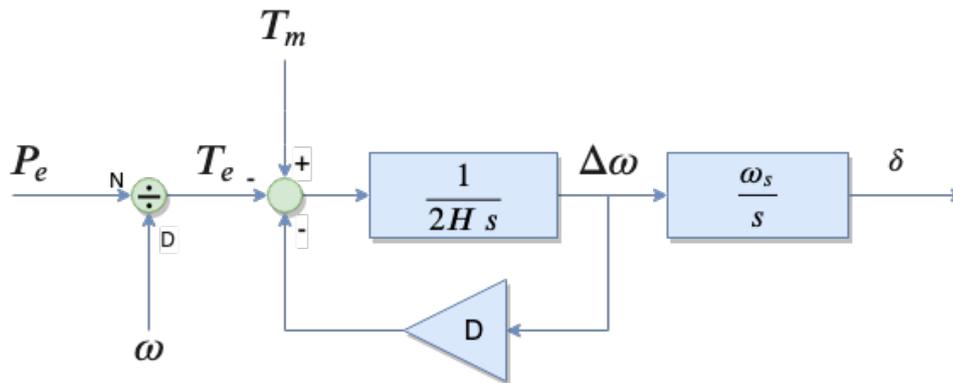
A equação acima é referida como a *equação de oscilação* da máquina síncrona, uma vez que ela reflete a variação do ângulo  $\delta$  em uma condição de desequilíbrio entre os torques aplicados ao rotor da máquina.

A representação de espaço de estados das equações de movimento rotacional da máquina são expressas como um conjunto de equações diferenciais de primeira ordem, na seguinte forma:

$$\begin{cases} \frac{d\Delta\bar{\omega}_r}{dt} = \frac{1}{2H} (\bar{T}_m - \bar{T}_e - D\Delta\bar{\omega}_r) \\ \frac{d\delta}{dt} = \omega_0\Delta\bar{\omega}_r \end{cases}$$

com  $t$  em segundos,  $\delta$  em radianos elétricos e  $\omega_0 = 2\pi f$ .

A figura a seguir ilustra o diagrama de blocos da equação de oscilação da máquina síncrona:



#### Ver também:

Consulte a seção [Equação de Oscilação do Anatem](#) para maiores detalhes acerca da equação de oscilação considerada no Anatem e sobre as opções de execução que modificam o seu comportamento.

## 5.3 Modelo do Sistema

O ponto de partida para o estudo de estabilidade transitória é obtido pelo cálculo do **fluxo de potência** do sistema para obter a sua condição inicial, ou seja, antes de ocorrer uma perturbação. E então, os dados da rede devem ser modificados de acordo com a modelagem adotada para a solução de transitórios eletromecânicos.

Modelo do sistema de potência para estudos de estabilidade transitória:

$$\begin{aligned} \dot{y} &= f(y, x) \\ 0 &= g(y, x) \end{aligned}$$

Sendo:

- $y$  : variáveis de estado
- $x$  : variáveis algébricas
- $f$  : conjunto de equações diferenciais
- $g$  : conjunto de equações algébricas

O conjunto  $f$  inclui as equações diferenciais de todas as máquinas e o conjunto  $g$  inclui as equações do estator e da rede elétrica em coordenadas cartesianas.

O conjunto  $f$  pode ser descrito também na forma:

$$\dot{y} = f(y, u) = A \cdot y + B \cdot u$$

Sendo:

$u$  : subvetor das variáveis algébricas que aparece em  $f$  (variáveis de fronteira)

Enquanto o conjunto  $g$  pode ser subdividido em:

$$I(E, V) = Y \cdot V$$

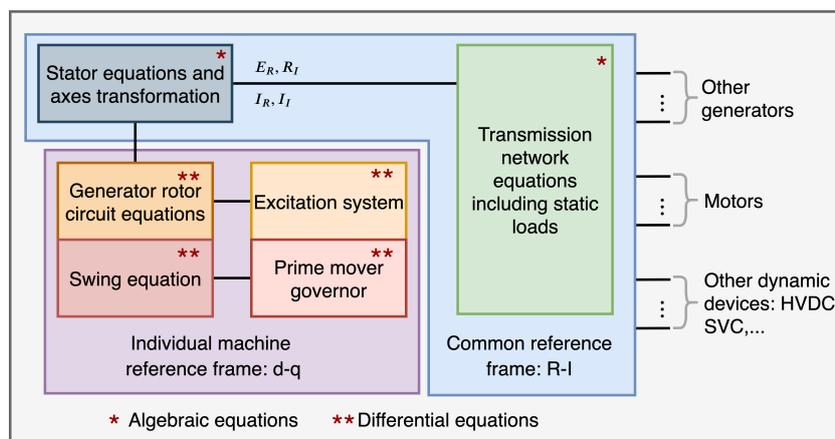
$$u = u(E, V)$$

Sendo:

- $I$  : vetor de injeção de correntes nodais
- $V$  : vetor de tensões nodais
- $Y$  : matriz de admitância nodal
- $E$  : subvetor de  $y$  que aparece em  $g$

$I(E, V)$  é um conjunto esparsa de equações devido a característica da matriz de admitâncias da rede elétrica. Enquanto  $u(E, V)$  serve simplesmente para calcular as variáveis de fronteira.

A figura abaixo ilustra a estrutura típica do modelo do sistema de potência utilizado em estudos de transientes eletromecânicos.



### 5.3.1 Inicialização de Variáveis

A partir do ponto de operação de regime permanente, deseja-se calcular as condições iniciais da máquina, dos seus controladores associados, bem como as condições iniciais de todos os equipamentos dinâmicos do sistema.

Nesta etapa são determinados os valores iniciais de todas as variáveis de interface entre as equações algébricas da rede e as equações diferenciais das máquinas.

**Atenção:** São calculados os valores iniciais de todas as variáveis algébricas e de estado do problema, considerando que no ponto de equilíbrio de regime permanente todas as derivadas são nulas.

Assim, calcula-se o estado inicial de cada máquina e para cada equipamento do sistema por meio das respectivas equações dinâmicas.

### 5.3.2 Integração Numérica

As equações diferenciais a serem solucionadas na análise de estabilidade de sistemas de potência são equações diferenciais ordinárias com condições iniciais conhecidas:

$$\dot{x} = f(x, y, t)$$

Sendo  $\mathbf{x}$  o vetor de estado contendo  $n$  variáveis dependentes,  $\mathbf{y}$  representa o conjunto de variáveis algébricas e  $t$  é a variável independente (tempo). O principal objetivo é encontrar a solução de  $\mathbf{x}$  em função da variável tempo  $t$ , com valores iniciais  $x_0$ ,  $y_0$  e  $t_0$ .

---

**Nota:** A dinâmica dos rotores das máquinas síncronas é descrita por equações diferenciais de primeira ordem. A solução destas equações diferenciais é resolvida no Anatem por meio do método de integração trapezoidal implícito com passo de integração *default* de 0.001 s.

---





O programa pode ser utilizado de duas maneiras distintas: shell e por interface gráfica (Graphical User Interface ou GUI). No modo shell, o usuário tem a possibilidade de informar interativamente comandos para o programa, que manterá o caso em memória. No modo GUI, a sequência de comandos precisa ser escrita em arquivo de texto para que seja enviada a uma instância do Anatem; esta instância é encerrada ao final da leitura do arquivo.

O uso Anatem no modo GUI confere algumas vantagens para o usuário como a preparação e execução automática de casos de análise de contingência, análise de pós-processamento para inspeção dos resultados obtidos na análise de contingências automáticas e permite a execução simultânea de casos por meio de processamento paralelo.

O editor de arquivos de dados incorporado à interface é um editor que destaca com o recurso das cores os códigos de execução, o texto indicativo de fim de código de execução, as colunas das linhas de dados inválidas e os campos de dados adjacentes. Neste editor o usuário pode inserir de forma automática a régua de dados correspondente à linha corrente, consultar rapidamente tópicos no aplicativo de ajuda. A interface conta ainda com diversas outras funcionalidades que visam facilitar a preparação e manipulação dos casos de estabilidade. O uso do Anatem no modo GUI é o uso padrão do Anatem; portanto, as menções relativas ao Anatem são também relativas a GUI.

## 6.1 Uso do Programa Anatem

Os dados de entrada do programa são fornecidos através de arquivos de texto com *Códigos de Execução* e *Opções de Controle de Execução*, que consistem de comandos formados por mnemônicos de 4 letras.

---

**Importante:** Por meio dos *Códigos de Execução* são informados modelos de equipamentos e respectivos controladores, parâmetros de simulação, variáveis de plotagem para visualização do comportamento dinâmico das diversas grandezas do sistema, arquivos de entrada e saída, etc.

---

```

Windows PowerShell

CEPEL - Centro de Pesquisas de Energia Elétrica
Análise de Transitórios Eletromecânicos - ANATEM - Versão 11.04.00

Tipo de licença: Multiusuario / Usuário: DRE
Empresa: Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

X-----X-----X-----X-----X
UNIDADE      NOME          IDENTIFICAÇÃO
LOGICA       LOGICO        DO ARQUIVO
X-----X-----X-----X-----X

1  TEM$DADOS CON
2  TEM$SAVCA NUL
3  TEM$MODEL NUL
4  TEM$PRINT CONOUT$
5  TEM$INPUT CON
6  TEM$VIDEO CONOUT$
7  TEM$PUNCH NUL
8  TEM$PLOTA NUL
9  TEM$LOG NUL
10 TEM$SNAPS NUL
11 TEM$ARQSN NUL

Código de Execução:

```

Fig. 6.1: Anatem no modo shell

### 6.1.1 Principais Códigos de Execução

Tabela 6.1: Principais Códigos de Execução do Anatem

Código	Descrição
<i>ANAT/ANAC</i>	Definição de contexto de execução ( <i>ANAT</i> é o <i>default</i> )
<i>DARQ</i>	Associação de arquivos de entrada/saída e restabelecimento de arquivo histórico do <i>Ana-rede</i>
<i>DMDG</i>	Definição de modelo de máquina síncrona
<i>DMAQ</i>	Associação de modelos e controles à máquina síncrona
<i>DPLT</i>	Declaração de variáveis de plotagem
<i>DEVT</i>	Definição de eventos (contingências) a serem simulados
<i>DSIM</i>	Controle do tempo de integração, impressão e plotagem
<i>EXSI</i>	Inicia processo de integração (simulação) no tempo

**Importante:** As *Opções de Controle de Execução* modificam ou adicionam características aos *Códigos de Execução*, por exemplo:

- alterando o método de solução (*NEWT*, *DNWT*);
- definindo opções de convergência (*DLCA*, *SAD2*, *DLCC*);
- otimizando de malhas de *CDU* (*OTMX*);
- generalizando a base de dados dinâmicos (*BASE*);
- especificando o modelo de leitura dos dados de equipamentos (*MD01*, *MD02*, ...).

```

ANATEM - [C:\Cepel\Anatem\v11_4_0\EXEMPLOS\01_MAOBARRAINF\MBINF_PSS.STB]
Arquivo  Editar  Exibir  Simulação  Ferramentas  Janela  Ajuda
MBINF_PSS.STB
001  (=====)
002  ( TITULO DO CASO
003  (=====)
004  [ TITU
005  | ** Caso Maquina versus Barra Infinita **
006  (
007  (=====)
008  ( ASSOCIACAO DE ARQUIVOS
009  (=====)
010  [ DARQ
011  | (..... Arquivos de Saída .....
012  | (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
013  |   OUT   .\OUT\
014  |   LOG   .\LOG\
015  |   PLT   .\PLT\
016  | (..... Arquivo Histórico .....
017  | (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
018  |   HIS   1 mbinf.his
019  | (.....)
020  | 999999
021  | (.....)
022  | ( OBSERVACAO:
023  | ( NO CODIGO DARQ, O ARQUIVO HISTORICO DEVE SER RELACIONADO ANTES DE QUALQUER
024  | ( OUTRO, EXCETO OS ARQUIVOS DE SAIDA. EM RELACAO A ESTES, AUTOMATICAMENTE,
025  | ( RECEBERAO O MESMO NOME DO ARQUIVO .STB.
026  | (.....)
Ln 30, Col 24

```

Fig. 6.2: Anatem no modo GUI

## 6.1.2 Interface com o Programa Anarede

Para a análise dinâmica do sistema, é necessário partir de um **ponto de operação convergido** e gravado no formato de *arquivo histórico* (\*.SAV) do programa *Anarede*.

O caso de fluxo potência do Anarede deverá ser associado ao caso de estabilidade do Anatem através do código *DARQ*, conforme o exemplo a seguir:

Listagem 6.1: Exemplo de associação de arquivo histórico do Anarede

```

1  DARQ
2  (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
3  ( Arquivos de histórico do Anarede
4  SAV      2  meu_primeiro_caso.sav
5  999999

```

### Ver também:

Para maiores detalhes acerca dos arquivos que podem ser associados, ver *Arquivos Anatem*.

## 6.1.3 Associação de Arquivos de Entrada

Os arquivos de dados de modelos podem ser organizados em diferentes arquivos de texto, conforme o exemplo a seguir:

## 6.1.4 Definição de Arquivos de Saída

A definição de arquivos de saída pode ser explícita, como o exemplo a seguir:

Listagem 6.3: Exemplo de associação de arquivos de saída ao arquivo exemplo “*caso\_anatem.stb*”

```

1  DARQ
2  (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
3  ( Associação de arquivos de entrada e saída
4  OUT      .\OUT\caso_anatem.out
5  LOG      .\LOG\caso_anatem.log
6  PLT      .\PLT\caso_anatem.plt
7  ...
8  999999
9  ...
10 FIM

```

Sendo:

- **caso\_anatem.out** : arquivo de relatório com críticas de dados, identificação de avisos, erros, eventos e estatísticas da simulação;
- **caso\_anatem.log** : arquivo de relatório com descrição dos eventos da simulação;
- **caso\_anatem.plt** : arquivo de plotagem com os resultados das grandezas monitoradas no domínio do tempo (visualizado no programa *PlotCepel*).

---

**Dica:** Os arquivos de plotagem (*PLT*) e de relatórios (*OUT*, *LOG*) possuem o recurso de definição automática de nome do arquivo de saída. Para isto, basta deixar em branco, no código *DARQ*, o campo relativo ao nome do arquivo de saída.

---

O exemplo a seguir ilustra a utilização do nome automático para os arquivos de saída:

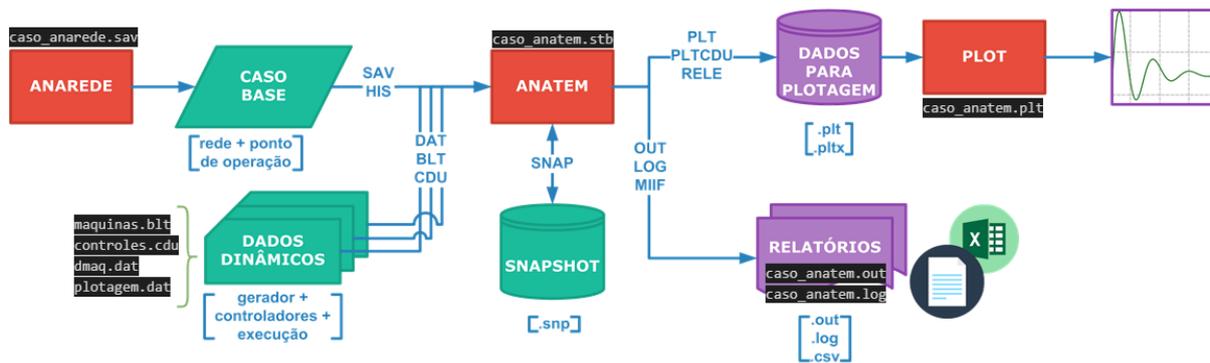


Fig. 6.3: Associação de arquivos no Programa Anatem

- **caso\_anarede.sav** : arquivo de fluxo de potência convergido salvo como arquivo histórico (*SAV*) no programa Anarede;
- **caso\_anatem.stb** : arquivo de texto principal do Anatem a partir do qual os demais arquivos serão associados. A execução do Anatem, tanto pela interface ou em modo batch será inicializada a partir deste arquivo;
- **maquinas.blk** : arquivo sugerido para definição de modelos *built-in* de máquina síncrona (*DMDG*, *DCST*);
- **controles.cdu** : arquivo sugerido para definição de modelos e topologias de *Controladores Definidos pelo Usuário* (*DCDU*);
- **dmaq.dat** : arquivo sugerido para associação de modelos e Controladores de máquinas síncronas às respectivas barras de geração do caso de fluxo de potência (*DMAQ*);
- **plotagem.dat** : arquivo sugerido para solicitação de variáveis de plotagem (*DPLT*).

A seguir é ilustrada a associação de arquivos de dados a partir do arquivo *STB* principal (*caso\_anatem.stb*):

Listagem 6.2: Exemplo de associação de arquivos de dados ao arquivo exemplo “*caso\_anatem.stb*”

```

1  ( Arquivo exemplo "caso_anatem.stb"
2  (
3  DARQ
4  (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
5  ( Associação de arquivos de entrada e saída
6  OUT      .\OUT\
7  LOG      .\LOG\
8  PLT      .\PLT\
9  DLCA
10 SAV      2  .\caso_anarede.sav
11 BLT      .\modelos\maquinas.blk
12 CDU      .\modelos\controles.cdu
13 DAT      .\dmaq.dat
14 DAT      .\plotagem.dat
15 999999
16 (
17 (=====
18 ( DADOS DE EVENTOS
19 (=====
20 ( Aplicacao de curto-circuito na barra CA 2 aos 50 ms da simulacao.
21 ( Remocao de curto-circuito da barra CA 2 aos 250ms da simulacao.
22 ( Abertura de circuito CA entre as barra 2 e 3 aos 250ms da simulacao.
23 (
24 DEVT
25 (Tp) ( Tempo)( El )( Pa)Nc( Ex) ( % ) (ABS ) Gr Uni          (Bl)P ( Rc ) ( Xc ) ( Bc ) (Defas)
26 APCB     .05    2
27 RMCB     .25    2
28 ABCI     .25    2    3
29 999999
30 (
31 (=====
32 ( DADOS DE SIMULACAO
33 (=====
34 (
35 DSIM
36 6.1.1 Uso do Programa Anatem )
37 15.00 .001 11
38 (
39 (=====

```

Listagem 6.4: Exemplo de associação de arquivos de saída ao arquivo exemplo “*caso\_anatem.stb*”

```

1  DARQ
2  (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
3  ( Associação de arquivos de entrada e saída
4  OUT      .\OUT\
5  LOG      .\LOG\
6  PLT      .\PLT\
7  ...
8  999999
9  ...
10 FIM

```

#### Ver também:

Para mais informações, acesse a entrada [Definição Automática de Arquivos](#).

### 6.1.5 Interface do Anatem

A interface do Anatem permite a edição dos arquivos que formam o caso de estabilidade: o arquivo principal *\*.stb* e os arquivos de dados e modelos *\*.blt*, *\*.cdu*, *\*.dat* .

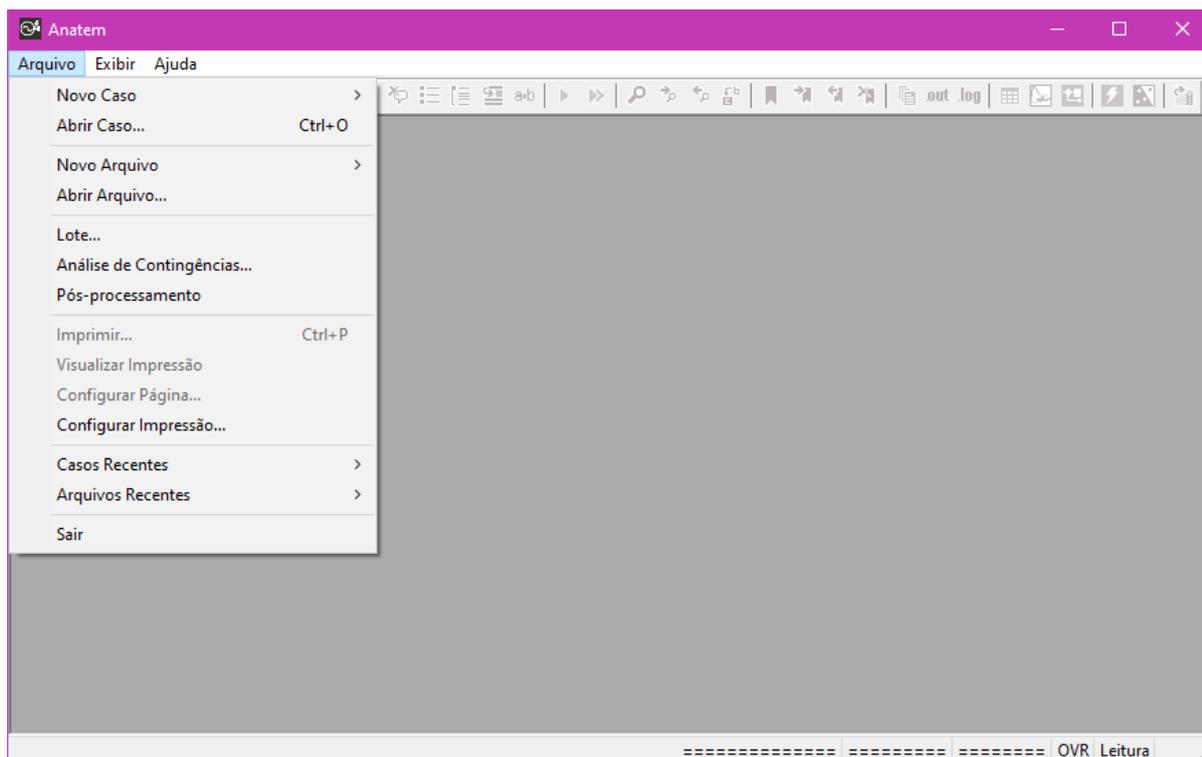


Fig. 6.4: Interface do Programa Anatem

## 6.2 Meu Primeiro Caso Anatem

A representação do sistema clássico **Máquina X Barra Infinita**, ilustrado na Fig. 6.5, será detalhada no Anatem. Este sistema consiste de um gerador injetando potência através de uma linha de transmissão em um sistema representado por uma barra infinita. Um sistema muito forte pode ser representado por barra infinita, ou seja, uma fonte com magnitude de tensão e frequência constantes.

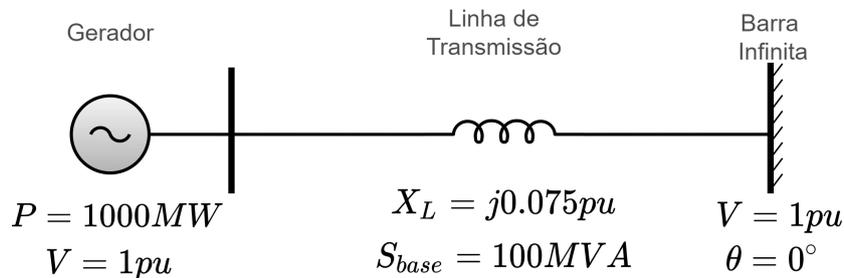


Fig. 6.5: Caso máquina X barra infinita

### 6.2.1 Representação do Sistema “Máquina x Barra Infinita” no Anarede

A modelagem do sistema **Máquina X Barra Infinita** no programa Anarede é ilustrada a seguir:

```

1  (=====
2  ( TITULO DO CASO
3  (=====
4  TITU
5  Maquina x Barra infinita: X = 7.5 %
6  (
7  (=====
8  ( DADOS DE CONSTANTES DE CONTROLE EXECUCAO
9  (=====
10 DCTE
11 (Mn) (Val) (Mn) (Val) (Mn) (Val) (Mn) (Val) (Mn) (Val) (Mn) (Val)
12 TEPA 1E-4 TEPR 1E-4
13 99999
14 (
15 (=====
16 ( DADOS DE BARRA CA
17 (=====
18 DBAR
19 (No)OETGb( nome )Gl( V)( A)( Pg)( Qg)( Qn)( Qm)(Bc )( Pl)( Ql)(
  ->Sh)Are(Vf)
20 1 1 Maq1000MW 1000 1000. -999999999 001
21 2 2 Barra Inf. 1000 0. -999999999 001
22 99999
23 (
24 (=====
25 ( DADOS DE CIRCUITOS CA
26 (=====
27 DLIN
28 (De) d 0 d(Pa) NcEP ( R% )( X% )(Mvar)(Tap)(Tmn)(Tmx)(Phs)(Bc )(Cn)(Ce)Ns
29 1 2 1 7.5
30 99999
31 (

```

(continua na próxima página)

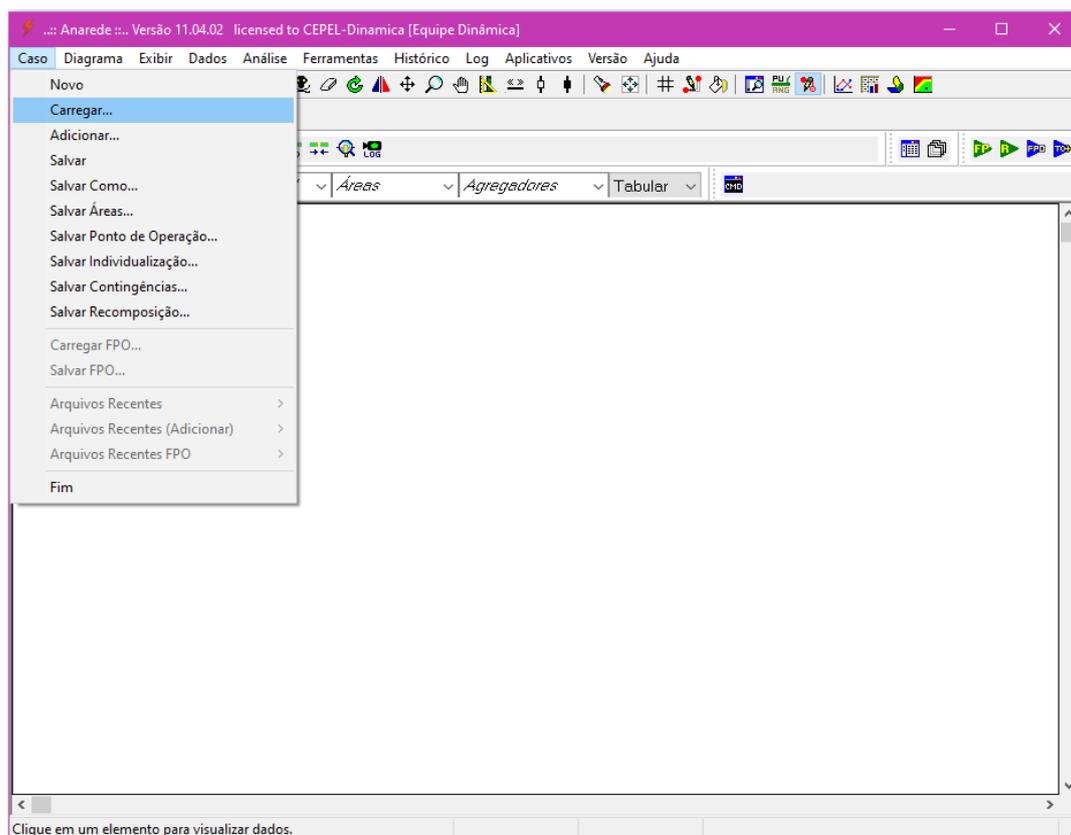
(continuação da página anterior)

```
32 (=====
33 ( EXECUCAO DO CASO
34 (=====
35 EXLF NEWT
36 (
37 FIM
```

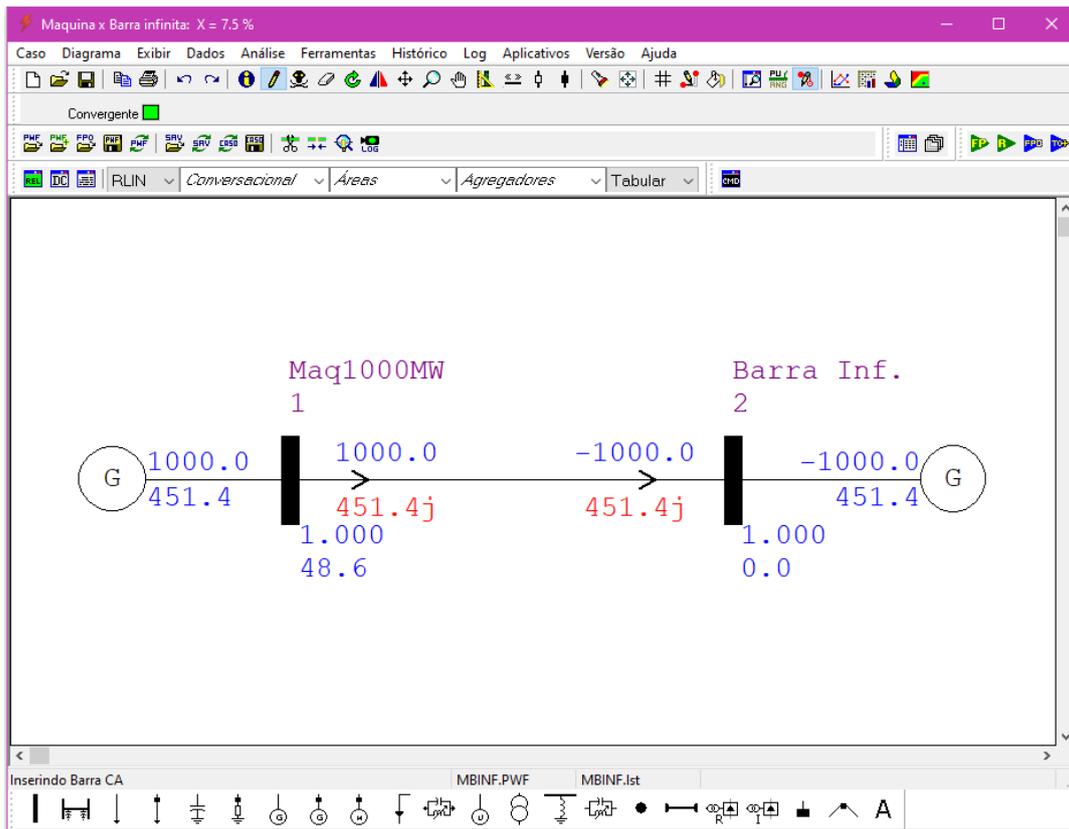
A título de exemplo, um arquivo texto com os comandos acima pode ser salvo com o nome “MBINF.PWF”.

### Carregar o caso de fluxo de potência no Anarede

O arquivo “MBINF.PWF” deve ser carregado no programa Anarede, conforme a seguir:

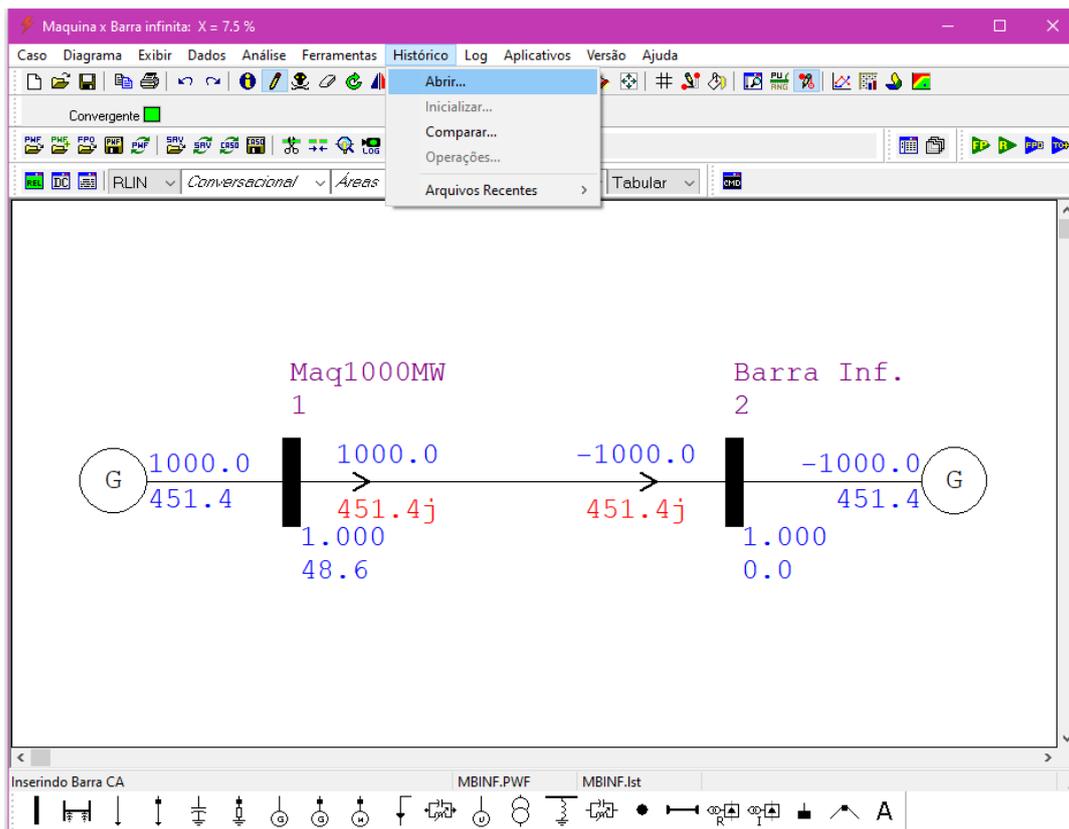


Se no mesmo diretório do arquivo “MBINF.PWF”, houver um arquivo de diagrama com o mesmo nome (por exemplo: “MBINF.LST”), o diagrama do sistema será carregado automaticamente, conforme ilustra a figura abaixo. Do contrário, o usuário poderá desenhar o diagrama usando as ferramentas gráficas para criação de diagrama unifilar.

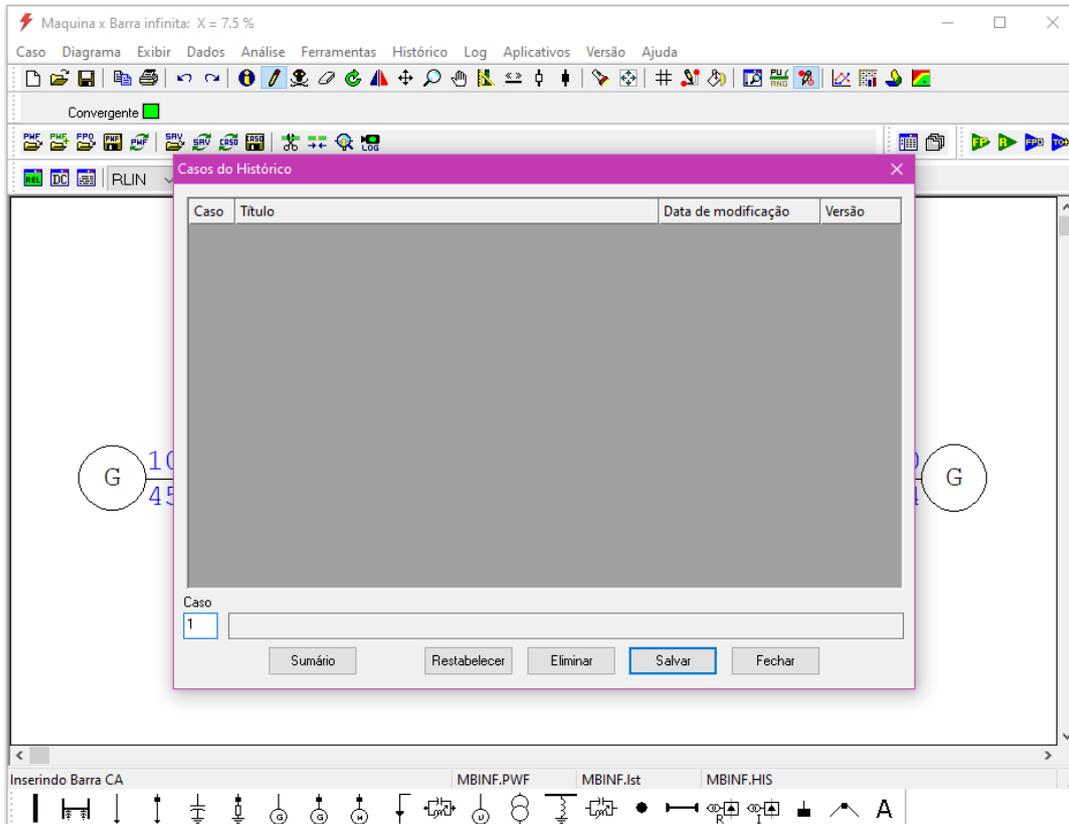


### Salvar o caso convergido em arquivo histórico

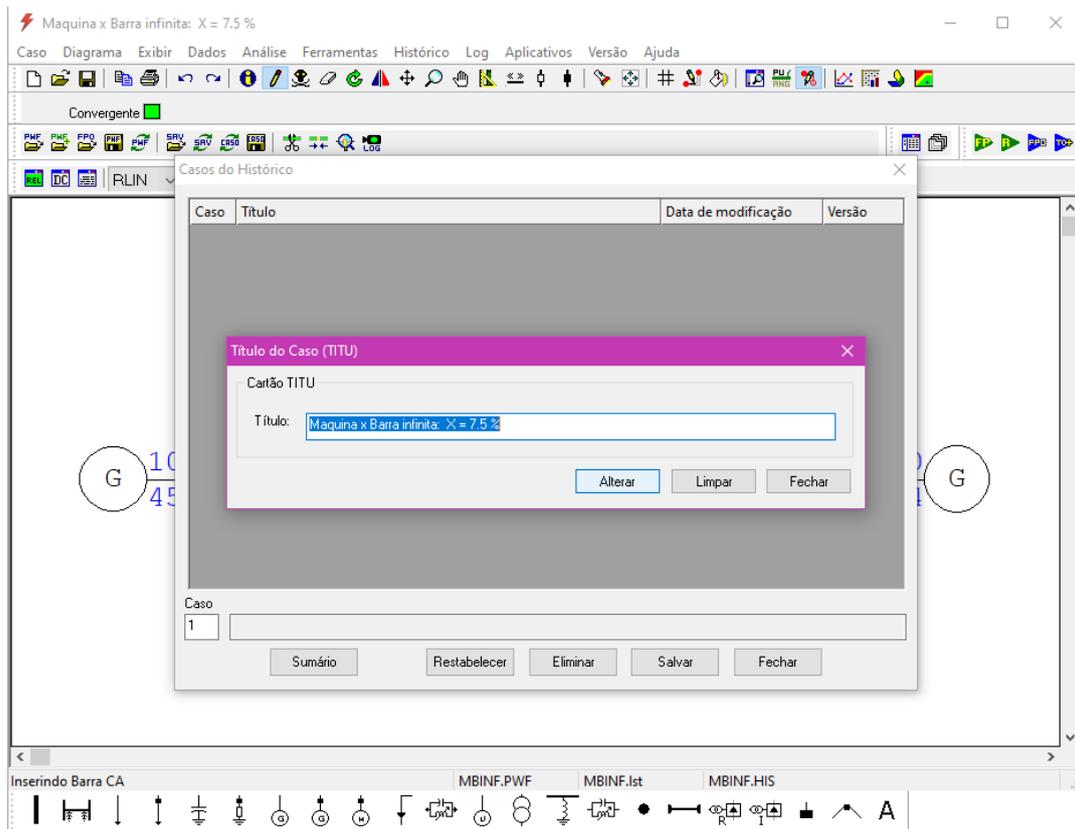
O caso convergido deverá ser salvo em arquivo histórico (extensão \*.SAV) por meio do menu “Histórico>Abrir...”. Se o usuário desejar salvar o caso convergido em um arquivo SAV existente, basta escolher o arquivo desejado no seu diretório de origem. Para salvar o caso em um novo arquivo histórico, basta definir o nome do novo arquivo SAV e, ao clicar em “Abrir”, o Anatec criará um novo arquivo *savecase* com o nome definido pelo usuário (neste exemplo, usaremos: “MBINF.SAV”).



Na sequência, por meio do menu “Histórico>Operações...”, o usuário deverá salvar o caso convergido no arquivo histórico recém aberto, conforme a seguir:



Neste ponto, há possibilidade de alterar o título do caso:



A partir do sistema “máquina x barra infinita” convergido e salvo em arquivo binário (“MBINF.SAV”), começaremos a preparar este caso no programa Anatem.

## 6.2.2 Representação do Sistema “Máquina x Barra Infinita” no Anatem

Os parâmetros da máquina síncrona deste caso exemplo são listados na Fig. 6.6.

$$\begin{array}{llllll}
 Base = 184 \text{ MVA} & H = 4,938 \text{ s} & D = 0 & r = 0 & X_l = 0,158 \text{ pu} \\
 X_d = 1,138 \text{ pu} & X_q = 0,681 \text{ pu} & X_d' = 0,350 \text{ pu} & X_d'' = X_q'' = 0,288 \text{ pu} & T_{d0}' = 5,6 \text{ s} \\
 T_{d0}'' = 0,080 \text{ s} & T_{q0}'' = 0,150 \text{ s} & A = 0,013 & B = 7,920 & C = 0,8
 \end{array}$$

Fig. 6.6: Dados dinâmicos do caso máquina X barra infinita

A tabela abaixo apresenta os 3 modelos de máquina síncrona do Anatem, cada um destes modelos é habilitado através do uso das respectivas Opções de Execução em conjunto com o código *DMDG*, onde são descritos os *Dados de Modelos Predefinidos de Máquina Síncrona*.

Tabela 6.2: Descrição de modelos de máquina síncrona do Anatem

Opção de Execução	Descrição do Modelo
<i>MD01</i>	Modelo clássico de máquina síncrona ou barra infinita
<i>MD02</i>	Máquina síncrona de pólos salientes
<i>MD03</i>	Máquina síncrona de rotor liso



## Definição de modelos de máquina síncrona

Neste caso exemplo, a barra infinita é representada pelo código/opção *DMDG MD01* e o modelo de máquina do gerador da barra 1 é fornecido através do código/opção *DMDG MD02*.

Modelagem do sistema no programa Anarede:

- **Barra Infinita:** modelada por uma barra de referência (barra  $V\theta$ )
- **Gerador:** modelado por uma barra de geração (barra  $PV$ )

Modelagem do sistema no programa Anatem:

- **Barra Infinita:** representado pelo modelo clássico de máquina síncrona (*DMDG MD01*)
- **Gerador:** representado pelo modelo de máquina síncrono de pólos salientes (*DMDG MD02*)

O preenchimento dos campos nestes códigos é ilustrada a seguir:

```

1  (=====
2  (  MODELOS DE GERADOR TIPO BARRA INFINITA
3  (=====
4  DMDG MD01
5  (No)  (L'd)(Ra )( H )( D )(MVA)Fr C
6      11
7  999999
8  (
9  (=====
10 (  MODELOS DE GERADOR COM POLOS SALIENTES
11 (=====
12 DMDG MD02
13 (No)  0 (CS) (Ld )(Lq )(L'd)      (L''d)(Ll )(T'd)      (T''d)(T''q)
14      22      22 113.8 68.1 35.      28.8 15.8 5.6      0.08 0.15
15 (No)  (Ra )( H )( D )(MVA)Fr C
16      22      4.938      184.
17 999999

```

## Definição de modelo de curva de saturação

A curva de saturação da máquina síncrona é definida no código *DCST*. A associação da curva de saturação ao modelo de máquina síncrona é realizada no código *DMDG*.

```

1  (=====
2  (  CURVAS DE SATURACAO
3  (=====
4  DCST
5  (  Curvas de Saturacao de Geradores
6  (Nc)  T ( P1 ) ( P2 ) ( P3 )
7      22  2      0.013      7.920      0.8
8  999999

```

## Associação de modelos de máquina e controladores

O modelo de máquina síncrona e barra infinita criados no *DMDG* deverão ser associados às barras de geração do caso de fluxo de potência por meio do código *DMAQ*, conforme o exemplo seguir:

```

1 (=====)
2 ( ASSOCIACAO DE MAQUINAS COM MODELOS
3 (=====)
4 DMAQ
5 ( Nb)   Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
6     1   10           6   22
7     2   10           11
8 999999

```

## Eventos de simulação

Os eventos de simulação são especificados no código *DEVT*, por meio do preenchimento dos parâmetros relativos ao tipo de evento, instante de aplicação e elemento sob falta. Alguns exemplos de preenchimento da régua de eventos são ilustrados a seguir:

```

1 (=====)
2 ( EVENTOS
3 (=====)
4 DEVT
5 (
6 ( Aplicacao e remocao de curto franco na barra 1
7 (Tp) ( Tempo)( El )( Pa)Nc( Ex) ( % ) (ABS ) Gr Und           (Bl)P ( Rc ) (
8 →Xc ) ( Bc ) (Defas)
9 APCB   1.000   1
10 RMCB   1.050   1
11 (
12 ( Aplicacao de curto na barra 1 com reatancia
13 (Tp) ( Tempo)( El )( Pa)Nc( Ex) ( % ) (ABS ) Gr Und           (Bl)P ( Rc ) (
14 →Xc ) ( Bc ) (Defas)
15 (mdsh   1.0   1           -50.
16 (
17 999999

```

## Definição de variáveis de plotagem

A especificação de variáveis de plotagem é realizada no código *DPLT*. Cada equipamento possui um conjunto de variáveis de interesse que podem ser observadas ao longo da simulação dinâmica. Alguns exemplos de solicitação de variáveis de máquina síncrona e de barra CA são ilustrados a seguir:

```

1 (=====)
2 ( VARIAVEIS DE SAIDA
3 (=====)
4 DPLT
5 (Tipo)M( El ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
6 DELT   1           10
7 FMAQ   1           10
8 PELE   1           10
9 QELE   1           10
10 VOLT   1
11 999999

```

## Especificação de parâmetros de simulação

Os parâmetros de simulação (tempo máximo de simulação, passo de integração, frequência de plotagem) são definidos no código *DSIM*.

```

1 (=====)
2 ( DADOS DE SIMULACAO
3 (=====)
4 DSIM
5 ( Tmax ) ( Stp ) ( P ) ( I ) ( F )
6   2.0   .001   11

```

## Execução da simulação

A execução da simulação dinâmica é iniciada quando o código *EXSI* é lido pelo Anatem. A partir desse ponto, a simulação é executada até o tempo máximo de simulação especificado no último código *DSIM* fornecido. O fim da leitura de dados do Anatem é indicado pelo código *FIM*, após esse comando, quaisquer dados fornecidos serão ignorados pelo Anatem.

```

1 (=====)
2 ( EXECUCAO DO CASO
3 (=====)
4 EXSI
5 (
6 FIM

```

## Caso Máquina x Barra Infinita

A princípio, será considerado o caso simples em que somente o modelo do gerador síncrono e da barra infinita são considerados.

A simulação de um curto-circuito franco na barra terminal do gerador síncrono com duração de 50 ms é realizada a partir dos seguintes comandos no *DEVT*:

```

1 DEVT
2 ( Aplicacao e remocao de curto franco na barra 1
3 ( Tp ) ( Tempo ) ( El ) ( Pa ) Nc ( Ex ) ( % ) ( ABS ) Gr Und
4 APCB   1.000   1
5 RMCB   1.050   1
6 999999

```

Os resultados desta simulação são ilustrados na Fig. 6.7

## Caso Máquina x Barra Infinita + Regulador de Tensão

### Definição de modelo de regulador de tensão

Neste exemplo, um regulador de tensão simplificado é representado no formato *CDU*.

```

1 (=====)
2 ( CONTROLADORES DEFINIDOS PELO USUARIO
3 (=====)
4 DCU
5 (
6 ( Regulador de Tensao de 1a. ordem

```

(continua na próxima página)

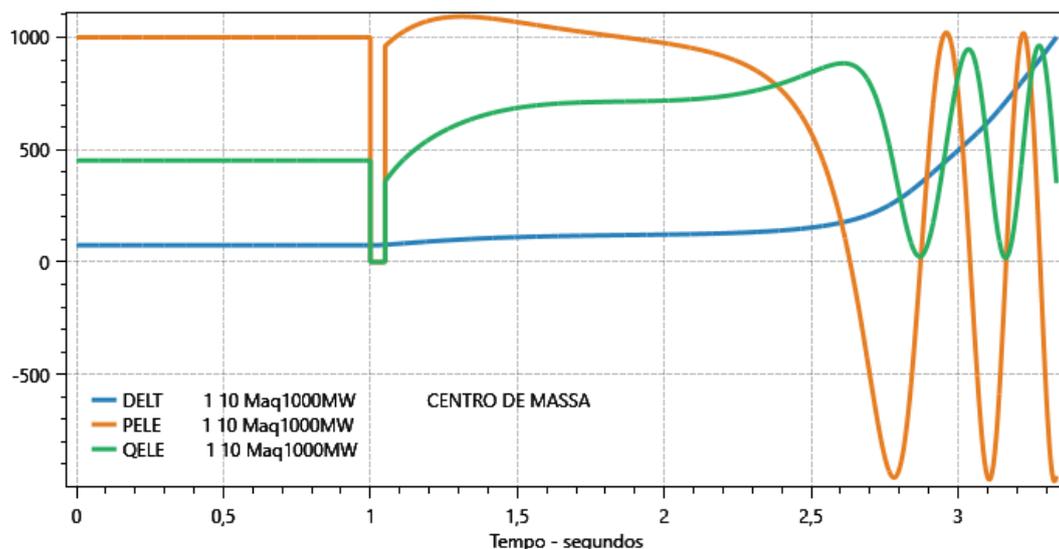


Fig. 6.7: Caso máquina x barra infinita sem reguladores

(continuação da página anterior)

```

7 (ncdu) ( nome cdu )
8   0001 AVR
9 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
10  01 ENTRAD          Vref
11  02 IMPORT VOLT     Vt
12  03 IMPORT VSAD     Vsad
13  04 SOMA            Vref  X3
14                    -Vt   X3
15                    Vsad  X3
16 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
17  05 LEDLAG          X3   Efd   100.0  0.0  1.0  0.05 Lmin  Lmax
18  06 EXPORT EFD      Efd
19 (
20 (-----)
21 (DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )
22 (-----)
23 DEFVAL          Lmin   -7.
24 DEFVAL          Lmax    7.
25 FIMCDU
26 (
27 999999

```

### Associação de modelos de máquina e controladores

O modelo de máquina síncrona + regulador de tensão deverão ser associados à barra de geração do caso de fluxo de potência por meio do código *DMAQ*, conforme o exemplo seguir:

```

1 (=====)
2 ( ASSOCIACAO DE MAQUINAS COM MODELOS
3 (=====)
4 DMAQ
5 ( Nb)  Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
6      1   10      6   22   1u

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

7      2      10      11
8 999999

```

Neste caso, também é realizada a simulação de um curto-circuito franco na barra terminal do gerador síncrono com duração de 50 ms. Os resultados desta simulação são ilustrados na Fig. 6.8

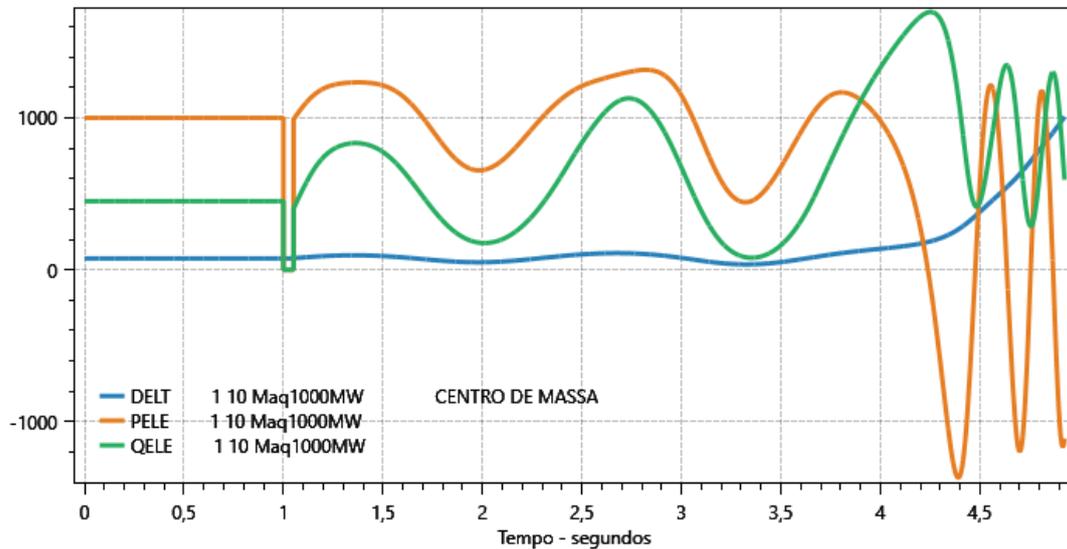


Fig. 6.8: Caso máquina X barra infinita com regulador de tensão

## Caso Máquina x Barra Infinita + Regulador de Tensão + Estabilizador

### Definição de modelo de estabilizador

Neste exemplo, um modelo de estabilizador é representado no formato *CDU*.

```

1 DCDU
2 (-----)
3 (ncdu) ( nome cdu )
4   0002 PSS
5 (-----)
6 (
7 (-----)
8 (EFPAR (npar) (   valpar   )
9 (-----)
10 DEFPAR #L1          -0.3
11 DEFPAR #L2           0.3
12 DEFPAR #K            20.
13 DEFPAR #Tw           3.0
14 DEFPAR #T1           0.08
15 DEFPAR #T2           0.01
16 (
17 (-----)
18 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
19 (-----)
20 0001 IMPORT WMAQ      WMAQ
21 0002 GANHO           WMAQ  X2    #K
22 0003 WSHOUT          X2    X3    #Tw    1.0#Tw

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

23 0004 LEDLAG      X3      X4      1.0#T1      1.0#T2
24 0005 LIMITA     X4      VSAD                      L1      L2
25 0006 EXPORT VSAD VSAD
26 (
27 (-----)
28 (DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )
29 (-----)
30 DEFVAL          L1      #L1
31 DEFVAL          L2      #L2
32 (
33 FIMCDU
34 (
35 999999
    
```

### Associação de modelos de máquina e controladores

O modelo de máquina síncrona + regulador de tensão + estabilizar deverão ser associados à barra de geração do caso de fluxo de potência por meio do código *DMAQ*, conforme o exemplo seguir:

```

1 (=====)
2 ( ASSOCIACAO DE MAQUINAS COM MODELOS
3 (=====)
4 DMAQ
5 ( Nb)   Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
6      1   10           6   22      1u           2u
7      2   10           11
8 999999
    
```

Neste caso, também é realizada a simulação de um curto-circuito franco na barra terminal do gerador síncrono com duração de 50 ms. Os resultados desta simulação são ilustrados na Fig. 6.9

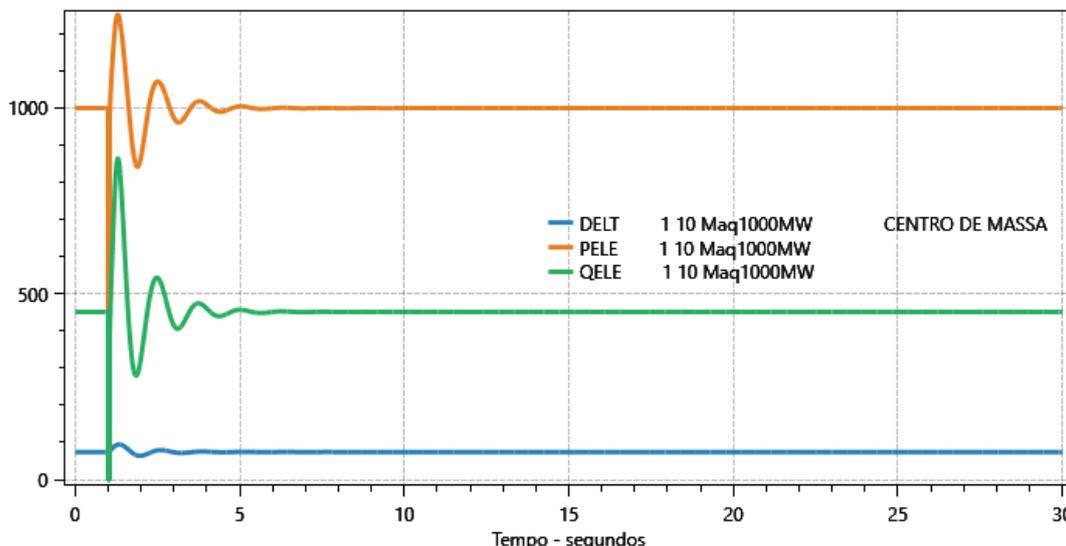


Fig. 6.9: Caso máquina x barra infinita com AVR e estabilizador

## 6.3 Modo Shell

Dentro da pasta de instalação do Anatem, existem dois executáveis do Anatem: o **anatem.exe** e o **iAnatem.exe**. O primeiro diz respeito ao executável por linha de comando do programa, enquanto que o segundo é a versão em GUI.

Para se utilizar o Anatem na versão linha de comando, basta abrir o executável dentro da pasta de trabalho desejada. Por exemplo, caso o usuário queria executar um arquivo de dentro da pasta cujo caminho completo é “c:\teste”, a seguinte linha de comando deverá ser observada:

```
c:\teste > c:\Cepel\Anatem\v12_0_0\anatem.exe
```

Desta forma, o executável (anatem.exe) será instanciado dentro da pasta de trabalho “c:\teste\” e todos os arquivos informados deverão estar relativos a esta pasta. Uma forma mais produtiva, contudo, está na adição às variáveis de ambiente relativas ao Anatem.

Os sistemas Windows mais novos apresentam dois shells (Prompt de Comando e PowerShell) e ambos podem ser utilizados. As instruções necessárias para simulação no Anatem, e que devem ser informadas a cada nova sessão do shell, se encontram a seguir:

Listagem 6.5: Definição de variáveis de ambiente pelo *terminal/cmd*

```
chcp 1252
set PATH= %PATH%c:\cepel\anatem\v12_0_0\;
set ANATEM= c:\cepel\anatem\v12_0_0\
```

Listagem 6.6: Definição de variáveis de ambiente pelo *powershell*

```
[Console]::OutputEncoding = [System.Text.Encoding]::GetEncoding(1252)
$env:Path += "C:\Cepel\Anatem\v12_0_0\"
```

A primeira linha no procedimento para cada shell é necessária uma vez que o Anatem utiliza o sistema de caracteres estendido do Windows (para a representação de acentos e outras marcações). Para executar o programa, após as definições das variáveis de ambiente, é preciso apenas evocar o comando:

Listagem 6.7: Evocando o Anatem no modo *shell*

```
Anatem
```

Ao iniciar a execução, o programa verifica no ambiente do sistema operacional se os nomes lógicos *TEM\$DADOS*, *TEM\$SAVCA*, *TEM\$MODEL*, *TEM\$PRINT*, *TEM\$PLOTA*, *TEM\$LOG*, *TEM\$SNAP* e *TEM\$ARQSN* estão associados a arquivos ou dispositivos de entrada/saída. Caso existam, estes arquivos serão associados às respectivas unidades lógicas (#1, #2, #3, #4, #8, #9, #10 e #11). Após esta verificação, as unidades lógicas que não estiverem associadas receberão as seguintes associações padrão:

Unidade lógica	Nome lógico	Arquivo/Dispositivo associado
#1	TEM\$DADOS	Console (CON)
#2	TEM\$SAVCA	SAVECASE.SAV SAVECASE.DAT Nulo (NUL)
#3	TEM\$MODEL	Nulo (NUL)
#4	TEM\$PRINT	Console (CON)
#5	TEM\$INPUT	Console (CON)
#6	TEM\$VIDEO	Console (CON)
#8	TEM\$PLOTA	Nulo (NUL)
#9	TEM\$LOG	Nulo (NUL)
#10	TEM\$SNAP	Nulo (NUL)
#11	TEM\$ARQSN	Nulo (NUL)

Observações:

1) A unidade lógica #2 é associada automaticamente ao arquivo SAVECASE.SAV ou ao arquivo SAVECASE.DAT, nesta ordem, se um destes arquivos existir no diretório corrente do usuário. Caso contrário esta unidade lógica é associada a um dispositivo nulo (NUL).

2) As unidades lógicas #5 e #6 estão sempre associadas à console e não podem ser redirecionadas com o Código de Execução *ULOG*.

3) A unidade lógica #22 é associada a um arquivo temporário em disco, criado em tempo de execução e eliminado ao término desta.

Qualquer modificação na associação das unidades lógicas pode ser efetuada através do Código de Execução *ULOG*. Embora as unidades lógicas 5 e 6 não possam ser redirecionadas pelo programa, é possível fazê-lo através da linha de comando do DOS usando os operadores *-i* e *>*. Um exemplo seria o seguinte comando:

```
Anatem -i arquivo_de_entrada > arquivo_de_saida
```

Este comando faz com que o Anatem leia os comandos a partir do *arquivo\_de\_entrada* como se estes estivessem sendo fornecidos através do console. As mensagens a serem escritas na tela são, por outro lado, direcionadas para o *arquivo\_de\_saida*. O programa detecta que houve redirecionamento da unidade lógica de entrada padrão e estabelece um comportamento compatível com a execução em *batch* (eliminação de comandos interativos durante a execução).

Portanto para se executar vários casos em “batch” é possível criar um único arquivo de “batch” do DOS (geralmente com extensão .BAT) que contenha vários comandos de execução do Anatem, um para cada caso desejado, redirecionando a entrada para o arquivo de dados correspondente. Por exemplo, para se processar *n* casos em sequência basta executar um arquivo CASOS.BAT com os seguintes comandos:

```
Anatem -i caso_1.stb
Anatem -i caso_2.stb
...
Anatem -i caso_n.stb
```

Sendo **caso\_1.stb**, **caso\_2.stb**, ..., **caso\_n.stb** os arquivos de dados de cada caso. Se um dos casos for interrompido, o sistema executará os casos restantes na sequência.

O usuário deve se atentar para o redirecionamento da unidade lógica de saída (comando *>*) no modo batch, uma vez que a cada novo comando do Anatem, o *arquivo\_de\_saida* deverá ser sobrescrito se este for o mesmo para cada chamada do programa.

---

**Dica:** Para ativar o paralelismo de solução, utilize o argumento *-n* seguido do número de núcleos desejado. Para máxima eficiência global, recomenda-se utilizar no máximo o número de núcleos físicos de um computador.

Por exemplo, um processador i7 com 4 núcleos físicos e 8 virtuais tem melhor desempenho com a seguinte chamada:

```
Anatem -i caso_1.stb -n 4
```

Esta forma de chamar o *Anatem* é semelhante à utilização da opção *SPMD* no código *EXSI*, com a diferença que é possível controlar o número de núcleos a serem utilizados.

---

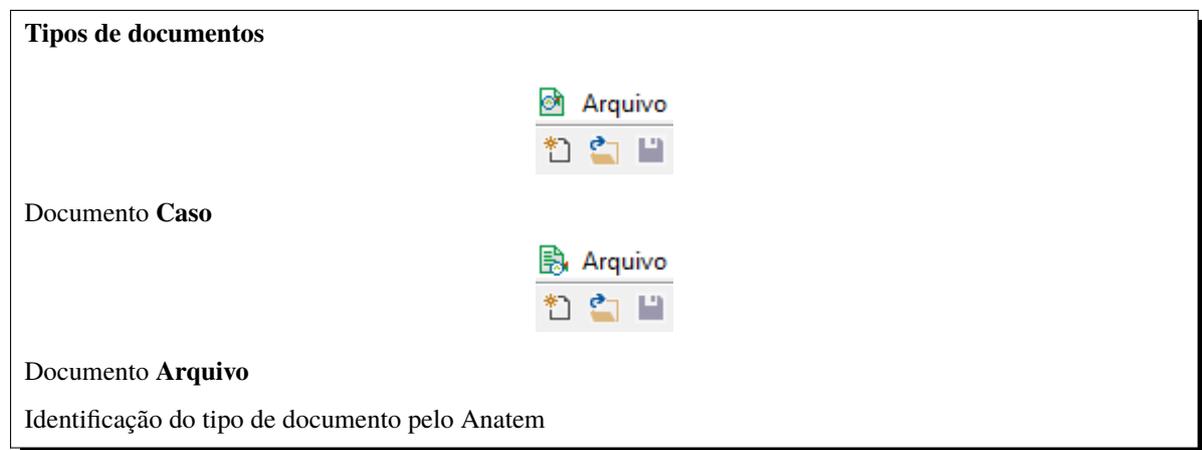
## 6.4 Modo Interface Gráfica

A Fig. 6.10 apresenta uma interface constituída de botões da barra de ferramentas, um seletor de abas representando os arquivos abertos pelo Anatem naquele momento e um editor de texto capaz de realizar análise sintática dos comandos do texto. A barra de tarefas se encontra, originalmente, sob o menu de contexto, mas pode ser movida pelo usuário caso seja do seu interesse).

Arquivos com modificações pendentes (não salvos) aparecerão com um \* junto do seu nome na aba seletora de documentos. O Anatem perguntará ao usuário se deseja salvar os arquivos modificados e que estão sendo utilizados quando requisitar ao programa que inicie a simulação, não sendo necessário salvá-los de antemão.

### 6.4.1 Tipos de documentos

Para a interface do Anatem, um determinado documento pode ser considerado de duas maneiras distintas: documentos de caso e documento de arquivo de dados (ou simplesmente arquivo). Os arquivos podem ser adicionados ao espaço de trabalho do Anatem pelo comando *Arquivo > Abrir Caso* ou *Arquivo > Abrir Arquivo*. A diferença entre ambos os formatos segue:



#### Caso

é um arquivo de caso de estabilidade para execução, normalmente com extensão *stb*. Um caso é tratado pelo programa como um arquivo principal, a partir do qual todos os outros dados são chamados. Em geral, neste tipo de arquivo se encontram comandos como *TITU*, *DARQ* (ou *ULOG*) e *EXSI*. O arquivo que tenha sido aberto como caso é vinculado às funções da interface relativas ao início simulação (F5) e da abertura de arquivos associados. O arquivo caso é identificado por ícone característico ao lado do menu de contexto do programa.

#### Arquivo

são todos os demais textos ou banco de dados utilizados pelo Anatem, como “BD 1017.bl1”, “BD 1017.cdu”, “HVDC 1017.dat”, etc. Esse tipo de arquivo não é interpretado pelo programa como sendo um caso principal de estabilidade, não vinculando funções da barra de tarefas a este arquivo.

**Atenção:** O arquivo de uma simulação de Anatem (normalmente com extensão *.stb*) também pode ser aberto através do comando *Abrir Arquivo*. Quando este procedimento é realizado, o arquivo é tratado como um arquivo de dados comum, não gerando vinculação às funções específicas dos botões da barra de tarefas.

```

ANATEM - [C:\Cepel\Anatem\v11_4_0\EXEMPLOS\02_4BARRAS\4BARRAS.STB]
Arquivo Editar Exibir Simulação Ferramentas Janela Ajuda
4BARRAS.STB* 4BARRAS.CDU 4BARRAS.BLT
001 (=====)
002 ( TITULO DO CASO )
003 (=====)
004 [ ] TITU
005 | 4BARRAS - Caso 4 barras com gerador de polos salientes
006 ( )
007 (=====)
008 ( ASSOCIACAO DE ARQUIVOS )
009 (=====)
010 [ ] DARQ
011 | (..... Arquivos de Saída ..... )
012 | (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo )
013 |     OUT    .\OUT\
014 |     LOG    .\LOG\
015 |     PLT    .\PLT\
016 | (..... Arquivo Histórico ..... )
017 | (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo )
018 |     HIS 1  4BARRAS.HIS
019 | (..... Arquivos CDU e Modelos Built in ..... )
020 | (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo )
021 |     BLT    4BARRAS.BLT
022 |     CDU    4BARRAS.CDU
023 | (=====)
024 | 999999
025 ( )
026 (=====)
027 ( DADOS DE OPCOES DEFAULT DE EXECUCAO )
028 (=====)
029 [ ] DOPC IMPR CONT
030 | (Op) E (Op) E
031 | IMPR FILE  CONT  80CO
032 | 999999
033 ( )
034 (=====)
035 ( ALTERACAO DE CONSTANTES DO PROGRAMA )
036 (=====)
037 [ ] DCTE
038 | (Ct) (Val )
039 | TEPQ  .01 ( tolerancia de convergencia exigida p/ fluxo de potencia )
040 | TEMD  1.E-6
041 | TETE  1.E-6
042 | TABS  1.E-6 ( tolerancia absoluta )
043 | 999999
044 ( )
045 (=====)
046 ( DADOS DE MAQUINAS E ASSOCIACAO DAS MAQUINAS AOS CONTROLES )
047 (=====)
048 [ ] DMAQ
049 | (..... Gerador polos salientes )
050 | ( Nb)  Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
(Br) =
Ln 124, Col 51

```

Fig. 6.10: Interface do Anatem para simulação monocaso

## 6.4.2 Instruções Básicas

### Como localizar caracteres ou palavras específicas

- 1) No menu *Editar*, clique em *Localizar*
- 2) Em *Localizar*, digite os caracteres ou palavras que você deseja localizar
- 3) Clique em *Localizar próxima*
  - Para localizar somente texto com maiúsculas e minúsculas, como especificado em *Localizar*, selecione *Diferenciar maiúsculas de minúsculas*
  - Você pode especificar em que direção pesquisar, partindo do ponto de inserção no arquivo. Em *Direção*, clique em *Acima* para pesquisar do ponto de inserção até o início. Clique em *Abaixo* para pesquisar do ponto de inserção até o final

### Como localizar e substituir palavras ou caracteres específicos

- 1) No menu *Editar*, clique em *Substituir*
- 2) Em *Localizar*, digite os caracteres ou palavras que você deseja localizar
- 3) Na caixa *Substituir por*, digite o texto de substituição
  - Para substituir todas as instâncias do texto de uma vez, clique em *Substituir tudo*. Para substituir uma instância do texto de cada vez, clique em *Localizar próxima* e, em seguida, clique em *Substituir*
  - Ao clicar no botão *substituir*, caso não exista texto selecionado, a ação executada será a mesma de clicar no botão *Localizar*

### Como ir para uma linha específica

- 1) No menu *Editar*, clique em *Ir para*
- 2) Em *Ir para linha*, digite o número da linha para a qual o cursor deve ir

### Como recortar, copiar, colar ou excluir texto

- Para recortar um texto a fim de movê-lo para outro local, selecione o texto e, no menu *Editar*, clique em *Recortar*
- Para copiar o texto a fim de colá-lo em outro local, selecione o texto e, no menu *Editar*, clique em *Copiar*.
- Para colar o texto que você tiver recortado ou copiado, posicione o cursor onde deseja colar o texto e, no menu *Editar*, clique em *Colar*
- Para excluir o texto, selecione-o e, no menu *Editar*, clique em *Apagar*

### Para alterar o estilo e o tamanho da fonte

- 1) No menu *Ferramentas*, clique em *Fonte*
- 2) Faça suas seleções em *Fonte*, *Estilo da fonte* e *Tamanho*
  - Em Exemplo, é exibida uma amostra de como a sua fonte aparecerá

### Para simular um caso

- 1) No menu *Arquivo*, clique em *Abrir Caso*
- 2) No menu *Simulação*, clique em *Opções* para escolher as opções de visualização durante e após a simulação
- 3) No menu *Simulação*, clique em *Executar* para iniciar a simulação do caso
  - A qualquer instante, o usuário pode cancelar a simulação clicando no botão cancelar na janela que aparece com a informação do tempo de simulação

### Para Inserir Réguas de Dados

- 1) Na janela do editor de texto clicar na linha de dados desejada
- 2) No menu *Editar*, clique em *Inserir Régua*, ou clique no ícone  da barra de ferramentas

### Navegação entre os campos de dados

- 1) Para navegar entre os campos de uma linha de dados com a tecla *TAB* siga os seguintes passos:
  - 1) Posicione o cursor do texto numa linha de dados
  - 2) Teclle *TAB* para posicionar o cursor do texto na primeira coluna do próximo campo. Se o cursor já estiver no último campo, este será posicionado no primeiro campo da linha de dados
  - 3) Teclle *SHIFT* e *TAB* simultaneamente para posicionar o cursor na primeira coluna do campo anterior. Se o cursor já estiver no primeiro campo, este será posicionado no último campo da linha de dados
    - Na barra de status será mostrado parte da régua relativa ao campo e o conteúdo do campo apontado pelo cursor do texto

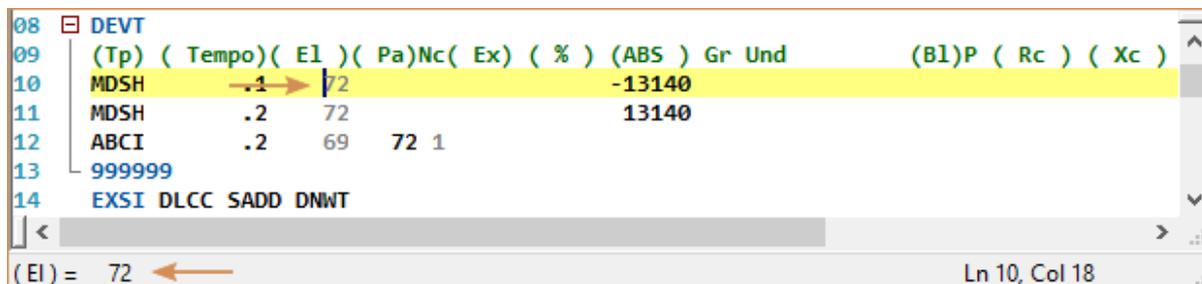


Fig. 6.11: Barra de status do Anatem

### Arquivos Associados ao Anatem

Os arquivos associados são os arquivos apresentados em *Arquivos Anatem*, podendo serem definidos por meio de comando *DARQ* (para todos os tipos) ou por meio do comando legado *ULOG* com as unidades lógicas 1,3,4 e 9 do Anatem. Estes arquivos podem ser abertos por meio do comando no menu “*Exibir > Arquivos*” ou então por meio do uso de um dos atalhos do seguinte trecho da barra de tarefas  .

## Estrutura de Tópicos

Estrutura de Tópicos é um recurso que permite o usuário seletivamente esconder ou mostrar partes do texto que está sendo editado.

Isto permite gerenciar grandes regiões do texto numa janela, enquanto somente a parte relevante do texto está visível. Os *Códigos de Execução* dos arquivos de dados são definidos, por default, como o título da estrutura de tópicos. Esta opção poder ser habilitada ou desabilitada usando o comando *Configuração do Editor* do menu *Ferramentas*.

Quando esta opção está selecionada um pequeno espaço é inserido entre o número da linha e o texto onde os símbolos (☐ e ☐) são mostrados.

Quando os símbolos (☐ e ☐) são mostrados, o estado do tópico pode ser alternado entre contraído ou expandido, clicando no símbolo.

### 6.4.3 Atalhos da Barra de Ferramentas

Sendo um editor de texto, o Anatem apresenta atalhos e funções de conhecimento do usuário médio de computação. Algumas novas funcionalidades, contudo, foram contempladas para melhorar a experiência do usuário. A tabela a seguir descreve a função dos botões da barra de tarefas. Em seguida, são apresentados procedimentos detalhados relativos a estas funções por meio dos menus de contexto.

Tabela 6.3: Tabela de atalhos

Botão	Comando	Atalho	Descrição
	<b>Novo Caso</b>	Ctrl + N	Um novo arquivo do tipo <i>caso</i> é aberto pelo Anatem
	<b>Abrir Caso</b>	Ctrl + O	Um arquivo existente do tipo <i>caso</i> é aberto pelo Anatem
	<b>Salvar Arquivo</b>	Ctrl + S	Salva o arquivo atual. Caso seja um arquivo novo, uma janela de diálogo é aberta
	<b>Imprimir</b>	Ctrl + P	Chama a janela de diálogo de impressão para o arquivo atual
	<b>Recortar</b>	Ctrl + X	Remove a seleção do texto e adiciona à <i>área de transferência</i> do sistema operacional
	<b>Copiar</b>	Ctrl + C	Copia a seleção do texto e adiciona à <i>área de transferência</i> do sistema operacional
	<b>Colar</b>	Ctrl + V	Inserir no ponto de seleção o texto adicionado à <i>área de transferência</i> do sistema operacional
	<b>Desfazer</b>	Ctrl + Z	Desfaz a última operação sobre o texto. Pode ser usado sucessivamente
	<b>Refazer</b>	Ctrl + Y	Refaz a última operação desfeita pelo <b>desfazer</b> . Pode ser usado sucessivamente
	<b>Modo Coluna</b>	Alt + C	Ativa/Desativa o modo de inserção em coluna. Neste modo, o usuário pode alterar várias linhas ao mesmo tempo, inserindo em todas um mesmo comando do teclado. As regras de copiar/colar no modo coluna são ligeiramente diferentes do usual
	<b>Comenta Bloco</b>	Ctrl + R	Comenta o bloco selecionado (o Anatem deixa de interpretar o trecho)
	<b>Descomenta Bloco</b>	Ctrl + T	Descomenta o bloco selecionado
	<b>Contrair Todos</b>	-	Contrai todos os tópicos do arquivo
	<b>Expandir Todos</b>	-	Expande todos os tópicos do arquivo
	<b>Inserir Régua</b>	Ctrl + Shift + R, Ctrl + *	Inserir a régua do código de execução

continua na próxima página

Tabela 6.3 – continuação da página anterior

Botão	Comando	Atalho	Descrição
	<b>Espaços em Branco</b>	-	Insere/remove marcador em todos os espaços em branco do arquivo
	<b>Simular</b>	-	Executa a simulação associada ao arquivo principal aberto pelo Anatem
	<b>Simular com Paralelismo</b>	F5	Executa a simulação associada ao arquivo principal aberto pelo Anatem com algoritmo <i>SPMD</i> . O número de processadores será determinado automaticamente pelo programa.
	<b>Localizar</b>	Ctrl + F	Localiza o texto específico dentro do arquivo em questão
	<b>Próxima Ocorrência</b>	F3	Avança para a próxima ocorrência na busca
	<b>Ocorrência Anterior</b>	Shift + F3	Volta para a ocorrência anterior
	<b>Substituir</b>	Ctrl + H	Localiza uma expressão e a substitui por outra
	<b>Inserir/Remover Marcador</b>	Ctrl + F2	Insere/remove o marcador de uma linha
	<b>Próximo Marcador</b>	F2	Avança até a posição do próximo marcador
	<b>Marcador Anterior</b>	Shift + F2	Retorna até a posição do marcador anterior
	<b>Remove Todos os Marcadores</b>	Ctrl + Shift + F2	Remove todos os marcadores do arquivo
	<b>Arquivo de Dados</b>	Ctrl + Shift + D	Abre uma janela contendo todos os arquivos de dados vinculados ao <i>stb</i> principal. Permite a abertura e o fechamento destes arquivos
	<b>Relatório</b>	Ctrl + Shift + O	Abre o arquivo de relatório ( <i>out</i> ) do caso no Anatem
	<b>Log de Mensagens</b>	Ctrl + Shift + L	Abre o arquivo de log de mensagens ( <i>log</i> ) do caso no Anatem
	<b>Arquivo CSV</b>	Ctrl + Shift + E	Abre os arquivos vinculados do tipo MIIF no executável vinculado a arquivos CSV. Em geral, o Microsoft Office Excel <sup>1</sup>
	<b>Arquivo PLT</b>	Ctrl + Shift + P	Abre os arquivos vinculados do tipo PLOT ou RELE no executável Plot
	<b>Arquivo CDE</b>	Ctrl + Shift + C	Abre os arquivos vinculados do tipo CDUEdit no executável associado
	<b>Reestabelecer Caso Histórico</b>	Alt + A	Restabelece o caso histórico utilizado no caso Anatem em uma nova instância do Anarede
	<b>Executar PacDyn</b>	Alt + P	Instancia o PacDyn criando um projeto automaticamente a partir do caso de estabilidade do Anatem
	<b>Compactar Caso (7zip)</b>	-	Utiliza o 7zip incluído na instalação para criar uma versão compacta do caso. Utilizado para facilitar o envio de casos, garantindo que todos os arquivos necessários à simulação estarão presentes.

**Dica:** O modo GUI é o modo recomendado de uso. A interface gráfica permite o uso da Análise de Contingências, Análise de Pós-processamento, além de integração com programas como Anarede, Plot, PacDyn e Microsoft Excel<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ou outro programa associado a arquivos do tipo \*.csv

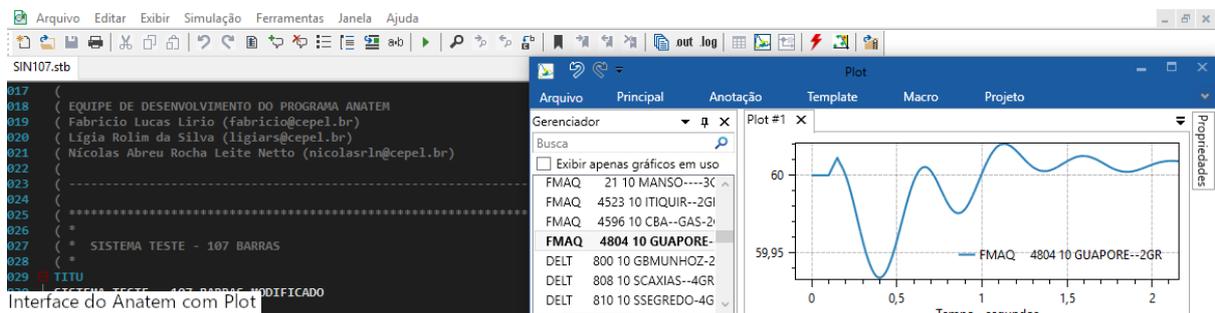
<sup>1</sup> Ou outro programa associado a arquivos do tipo \*.csv

e recursos para edição do arquivo de estabilidade.

---



## Execução do Anatem



O Anatem no modo GUI permite ao usuário a manipular e corrigir o caso de estabilidade por meio de diversos recursos interativos. Nesta seção, serão explicadas as possibilidades de uso para o Anatem. O uso do Anatem no modo GUI pode ser dividido em duas grandes categorias: o contexto monocaso e o contexto multicaso.

**Dica:** Processamento em Lote permite que tantos casos de estabilidade sejam simulados simultaneamente quanto processadores estão disponíveis!

### 7.1 Simulação Monocaso

O contexto monocaso compreende a utilização do Anatem para edição e simulação de um único arquivo de estabilidade. O Anatem no modo GUI está otimizado para o uso de simulações monocaso; enquanto que a utilização do Anatem por shell está exclusivamente inserida neste contexto. O arquivo de estabilidade do Anatem relaciona um único ponto de operação oriundo do Anarede com os arquivos de dados dinâmicos do Anatem. Eventos podem ser aplicados a este caso, gerando as curvas e os relatórios.

Outros tipos de análise, como a análise Multi-Infeed, também são realizadas neste contexto.

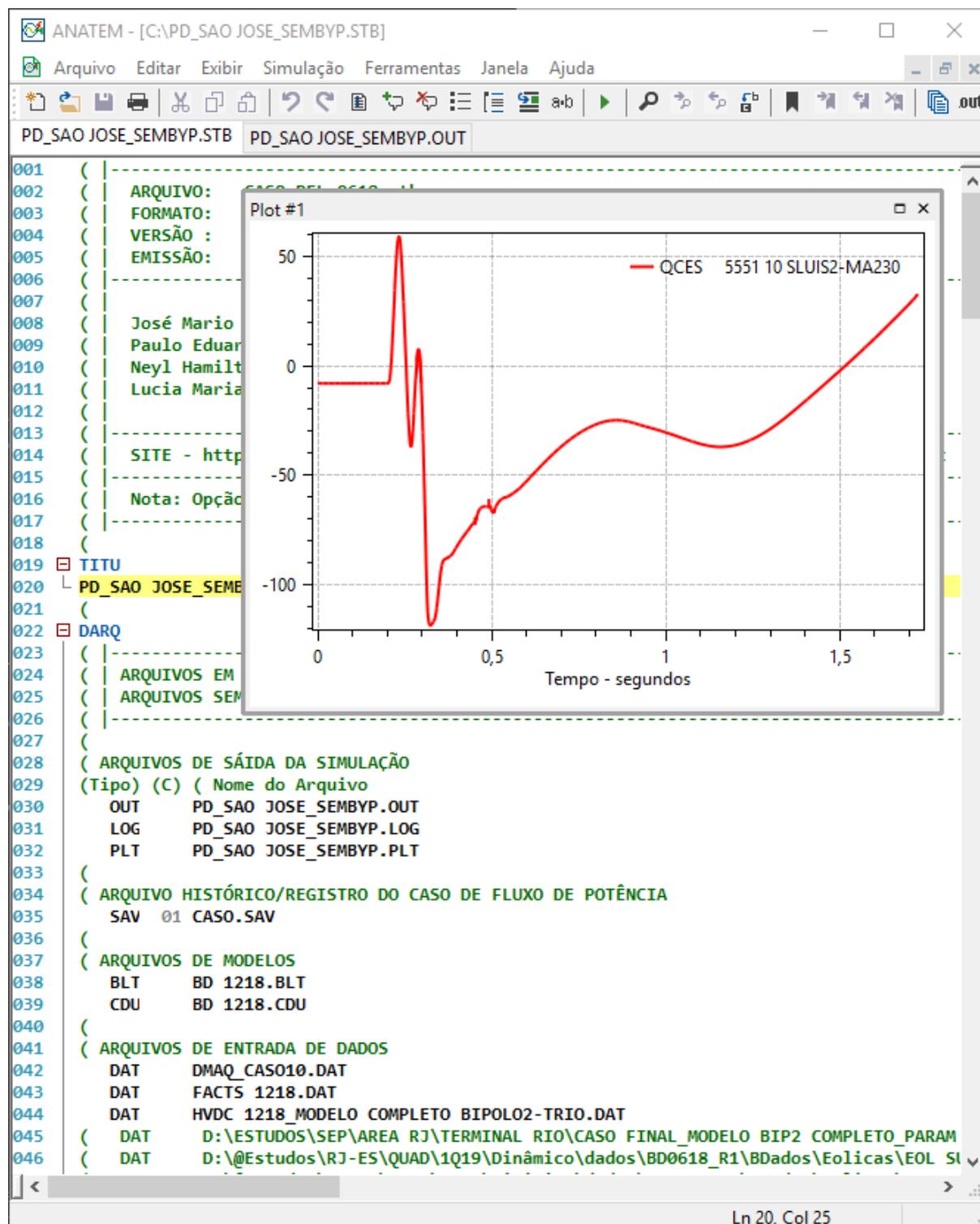


Fig. 7.1: Utilização monocaso da interface do Anatem

## 7.2 Simulação via Processamento em Lote

Tendo o usuário dominado o procedimento da preparação de caso para simulação (monocaso), é possível utilizar-se de recursos que o programa oferece para ganho de produtividade por meio de simulação simultânea de diversos casos previamente preparados. Essa forma de utilização é referida como *Processamento em Lote*.

Para acessar este recurso, todos os arquivos deverão estar fechados na interface. Assim sendo, o menu *Arquivo > Lote* ficará ativo, abrindo janela de diálogo para configuração das simulações a serem realizadas.

### 7.2.1 Speedup

O Processamento em Lote é um recurso que permite ao Anatem simular diferentes casos de estabilidade simultaneamente. Para isso, processos diferentes do Anatem são instanciados até ao limite indicado pelo usuário ou limite físico da máquina. Tantos processos simultâneos podem ser instanciados quantos forem o número de processadores lógicos registrados na máquina.

A interface do Anatem é capaz de detectar este limite automaticamente, mas o usuário também pode descobrir este limite pelo terminal *Prompt de Comando*.

Listagem 7.1: Comando para verificar o número de processadores lógicos de um sistema Windows

```
C:\>echo %NUMBER_OF_PROCESSORS%
8
C:\>
```

Uma métrica para avaliar o desempenho de algoritmos computacionais é conhecida como *speedup*. Para a avaliação de algoritmos paralelos, esta métrica pode ser matematicamente definida como:

$$S = \frac{t_{seq}}{t_{nproc}}$$

A figura abaixo ilustra como o tempo de execução total das tarefas é reduzido conforme o número de processadores utilizados cresce. O *speedup* esperado é marcado pela linha tracejada em condições ideais. Em sistemas com tecnologia *hyperthreading* (como processadores i7 em geral), o ganho observado a partir de  $\frac{nproc}{2}$  é mitigado. Isto se dá porque a tecnologia utiliza processadores lógicos ociosos para completar o *pipeline* do processador, sendo muito eficiente.

**Atenção:** Para processadores com tecnologia *hyperthreading* (em geral, com 8 ou 12 núcleos), o *speedup* deverá diferir do esperado para número de processos simultâneos superior a metade do número de núcleos

### 7.2.2 Interface

A janela mostra uma lista de casos que serão simulados. Nesta lista, os usuários também podem selecionar quais arquivos deseja visualizar automaticamente ao final de cada simulação. O usuário pode selecionar individualmente para cada caso, os relatórios (OUT), arquivos de log ou arquivos de plotagem que deverão ser apresentados ao final da simulação de cada caso. Estas opções podem ser alteradas durante a simulação.

É permitido também escolher se os arquivos de plotagem vão ser atualizados automaticamente pela interface e qual a quantidade de instâncias simultâneas o usuário gostaria de utilizar. Recomenda-se que ao menos um núcleo lógico do processador fique livre, para que o usuário consiga realizar operações básicas com o computador durante o processo de cálculo.

A seguir, é apresentada a janela do processamento em lote, bem como a função de cada botão de sua barra de ferramentas.

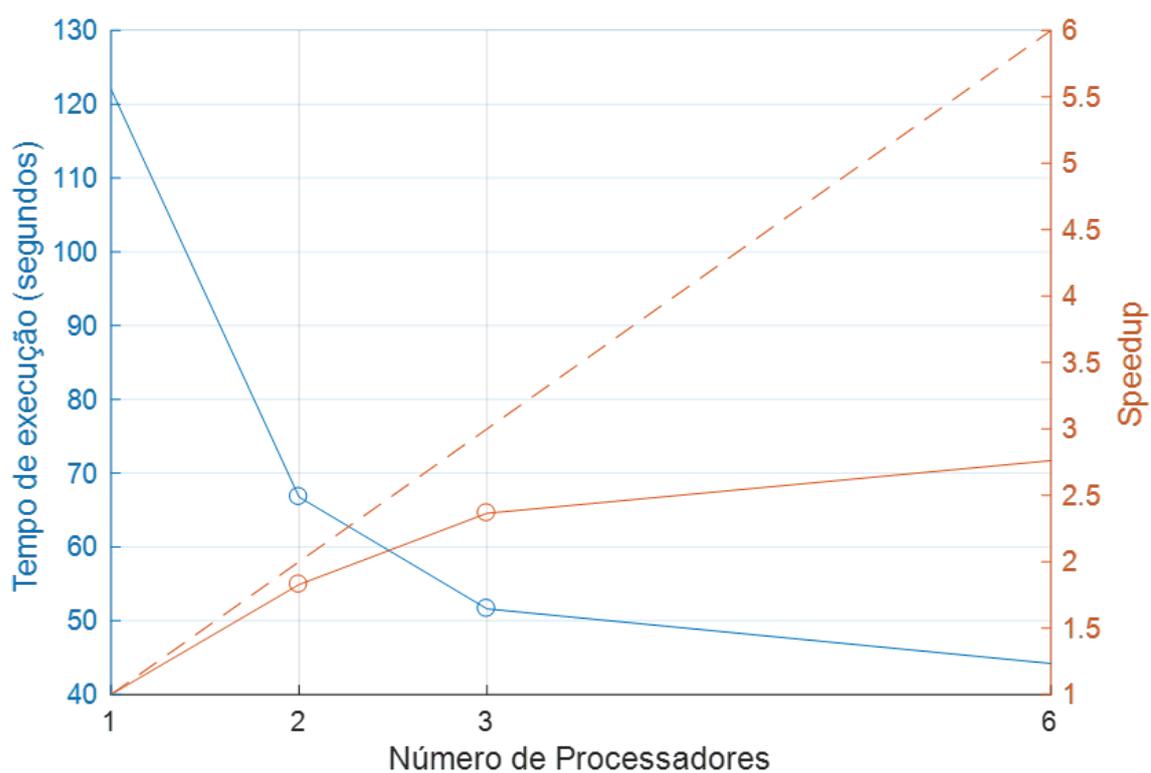


Fig. 7.2: Exemplo da relação entre tempo de execução e *speedup*

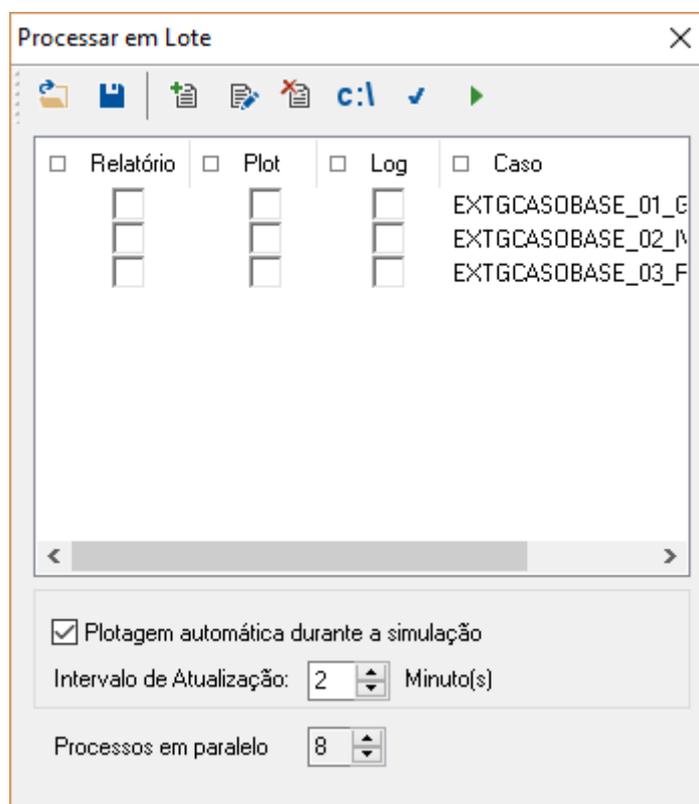


Fig. 7.3: Janela de diálogo do Processamento em Lote

Tabela 7.1: Tabela de atalhos

Botão	Comando	Descrição
	<b>Abrir Lista</b>	Clique no botão para carregar uma lista de casos a serem executados
	<b>Salvar Lista</b>	Clique no botão para salvar lista de casos num arquivo texto
	<b>Incluir</b>	Clique no botão para incluir um caso na lista de casos a serem executados
	<b>Editar</b>	Clique no botão para editar o arquivo de dados selecionado na lista de casos. Um duplo clique no item da lista de casos também abre o arquivo para edição
	<b>Remover</b>	Clique no botão para remover o caso selecionado na lista de casos a serem executados
	<b>Caminho</b>	Clique no botão para alternar entre mostrar ou esconder caminho completo do nome do caso na lista de casos
	<b>Aplicar</b>	Clique no botão para salvar todas alterações realizadas. Para que as alterações das opções façam efeito durante a simulação, é necessário clicar neste botão
	<b>Executar/Parar</b>	Clique no botão para iniciar a simulação em modo lote dos casos listados. Ao clicar neste botão, a simulação começa e todas as opções são salvas e então o ícone deste botão será alterado para <i>Parar</i> que permanece durante toda a execução da simulação em modo lote

### Plotagem durante a simulação

Selecione esta opção para visualizar, no programa Plot, o arquivo de plotagem corrente durante execução da simulação do caso.

### Intervalo de atualização

Indique na caixa de texto ao lado, qual o intervalo de atualização em minutos (tempo real) do arquivo de plotagem mostrado no programa Plot. Esta opção é desabilitada se a opção *Plotagem durante a simulação* não for selecionada.

**Dica:** Resumo: para simular vários casos em modo Lote

- 1) Fechar todos arquivos abertos
- 2) No menu *Arquivo*, clique em *Lote*
- 3) Na janela *Processar em Lote* incluir os casos que deseja simular
- 4) Selecione as opções de visualização durante e após cada simulação
- 5) Clique no botão executar para iniciar a simulação dos casos em modo lote
  - Durante a execução do processamento em lote uma janela de mensagens é mostrada, onde mensagens relativas a simulação dos casos são mostradas
  - Para encerrar a simulação corrente clique no botão *Cancelar* da janela *Simulação*
  - Para encerrar o processo em lote clique no botão  na janela *Processar em Lote*

## 7.3 Simulação via Análise de Contingências

Uma tarefa muito comum em análise de estabilidade eletromecânica é a simulação de aplicação de diversas contingências a um mesmo caso base para verificar suas severidades e as medidas de operação ou de planejamento a adotar. A preparação destes casos envolve criar, a partir de um caso base, arquivos de dados para simulação das contingências, substituindo em cada um os nomes dos arquivos de saída a serem gerados e certos dados específicos para a análise (por exemplo, o caso de fluxo de potência e os dados de eventos do código de execução *DEVT* do Anatem). Apesar de ser uma tarefa simples, ela é geralmente trabalhosa e tediosa, devido à quantidade de casos de contingência a executar, o que pode acarretar frequentemente erros de edição nos arquivos.

Para facilitar esta tarefa e aumentar a produtividade na utilização do Anatem, foi implementada na interface uma opção de pré-processamento para a preparação automática de casos para análise de contingências, a partir de dados comuns e de dados específicos fornecidos pelo usuário.

### 7.3.1 Interface

A Fig. 7.4 mostra os itens do menu *Arquivo*. O item *Análise de Contingências...* deve ser selecionado para executar a função de execução de casos de análise de contingência a partir de um caso base.

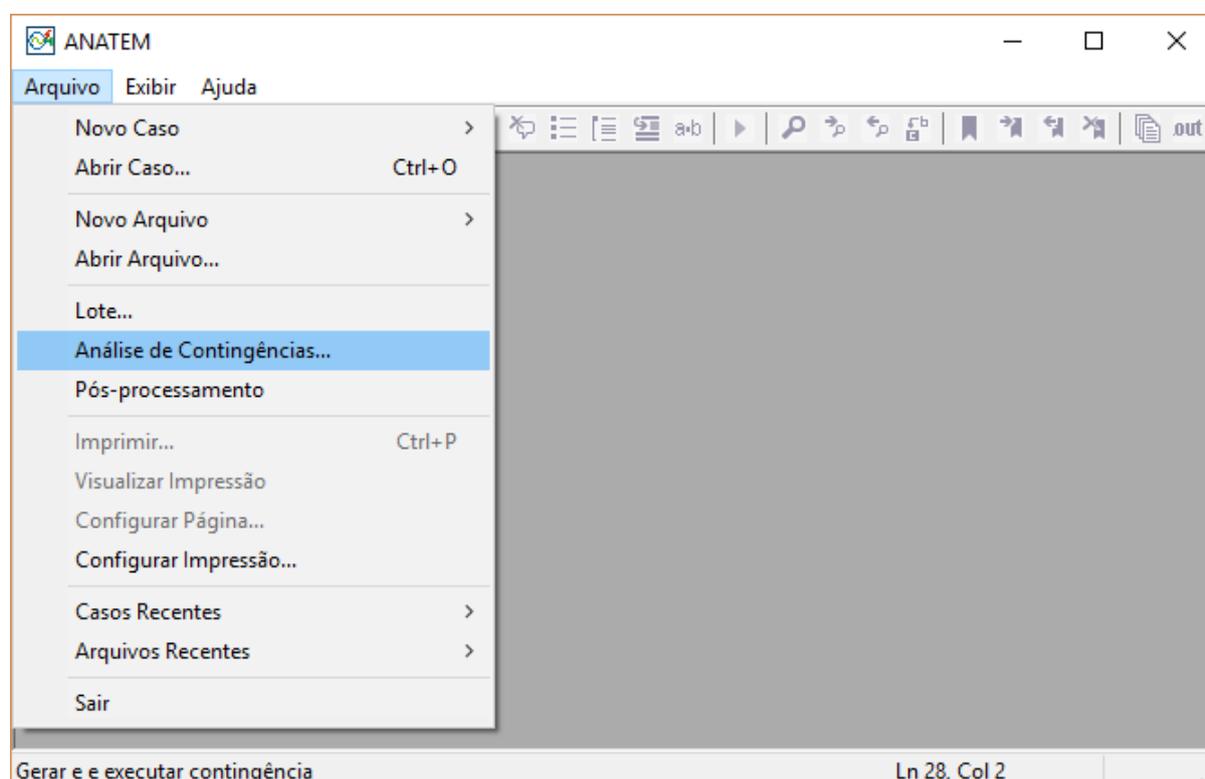


Fig. 7.4: Seleção da tarefa Análise de Contingências a partir do menu Arquivo

Automaticamente será aberta a janela de diálogo *Análise de Contingências* mostrada na Fig. 7.5.

Esta janela contém os seguintes itens:

- 1) *Caso Base*: permite informar o arquivo do caso base do Anatem a ser modificado, gerando-se um arquivo Anatem específico para a execução de cada contingência. Clicando-se no botão  correspondente, é possível selecionar o arquivo base desejado a partir da árvore de diretórios. Clicando-se no botão  correspondente, é possível abrir o arquivo base para edição.
- 2) *Histórico*: permite informar o arquivo histórico do ANAREDE a ser referenciado no arquivo Anatem específico para a execução de cada contingência. Clicando-se no botão  correspondente, é possível selecionar o arquivo histórico desejado a partir da árvore de diretórios.

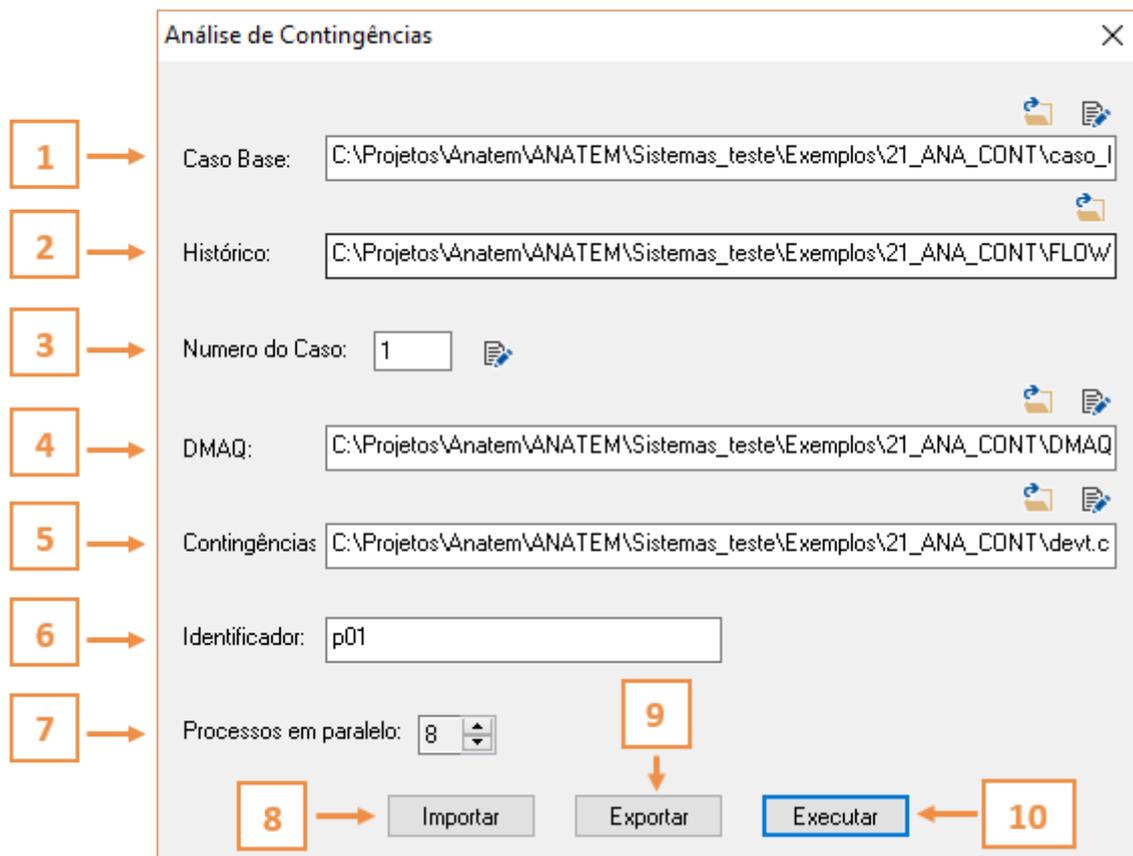


Fig. 7.5: Janela para fornecimento dos dados para Análise de contingências

- 3) *Número do Caso*: permite informar o número do caso histórico do ANAREDE (contido no arquivo selecionado no item anterior) a ser referenciado no arquivo Anatem específico para a execução de cada contingência. Clicando-se no botão  correspondente, abre-se a janela *Lista de Casos ANAREDE* (Fig. 7.6), que mostra todos os casos contidos no arquivo histórico especificado. Ao se clicar na linha com o caso desejado e depois no botão *OK* o número do referido caso é preenchido na caixa de edição.
- 4) *DMAQ*: permite informar o arquivo com dados do código de execução DMAQ do Anatem a serem substituídos no arquivo Anatem específico para a execução de cada contingência. Clicando-se no botão  correspondente é possível selecionar o arquivo desejado a partir da árvore de diretórios. Clicando-se no botão  correspondente é possível abrir o arquivo para edição.
- 5) *Contingências*: permite informar o arquivo com a lista de contingências a executar na análise (os dados de cada contingência serão copiados para a seção do código *DEVT* no arquivo de dados correspondente criado para a execução do Anatem). Clicando-se no botão  correspondente é possível selecionar o arquivo desejado a partir da árvore de diretórios. Clicando-se no botão  correspondente é possível abrir o arquivo para edição.
- 6) *Identificador*: Neste campo é fornecido um identificador para a análise. Será criado um subdiretório com este nome no diretório onde se encontra o arquivo do caso base do Anatem (item 1). Dentro deste subdiretório serão criados os arquivos de dados do Anatem específicos para execução dos casos de cada contingência (arquivos com extensão *.stb*), bem como os arquivos de resultados correspondentes (arquivos com extensão *.out*, *.plt* e *.log*). O identificador será usado também na formação dos nomes dos arquivos *.stb* e dos arquivos *.out*, *.plt* e *.log* neles referenciados.
- 7) *Processos em paralelo*: Permite selecionar o número de casos que serão processados em paralelo, de acordo com o número de núcleos/processadores do computador. O número máximo de processos em paralelo corresponde ao número total de processadores lógicos e não ao número de núcleos físicos do processador (processadores *i7*, por exemplo, podem possuir 4 núcleos físicos e 8 processadores lógicos). O *speedup* (ganho de desempenho devido ao uso do recurso) observado em processadores com mais processadores lógicos que núcleos físicos será reduzido quando comparado a um caso sequencial, quando o número de processos em paralelo superar o número de núcleos físicos; ainda assim, existe ganho global no processo e é vantajoso utilizar o número máximo de processos permitido, caso o usuário opte por dedicar a máquina à esta tarefa. O número mínimo de processos em paralelo é 1 (execução sequencial de casos em um único núcleo de um processador).
- 8) *Importar*: permite importar os dados dos itens 1 a 6 anteriores, previamente salvos em um arquivo em formato texto.
- 9) *Exportar*: permite salvar os dados dos itens 1 a 6 anteriores em um arquivo em formato texto.
- 10) *Executar*: inicia a execução dos casos para a análise de contingência. Após o início da execução, este botão muda para *Parar*.

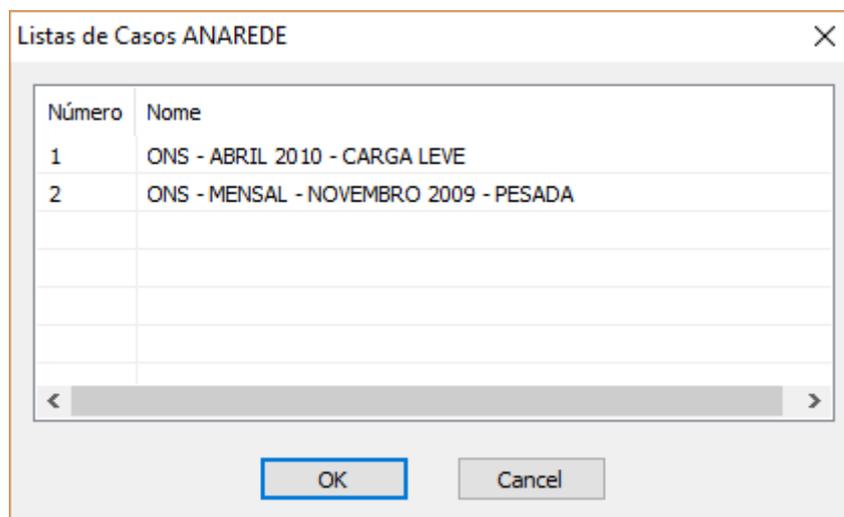


Fig. 7.6: Janela para seleção do caso base de fluxo de potência

As caixas de texto dos itens 1 *Caso Base*, 2 *Histórico*, 4 *DMAQ*, 5 *Contingências* e 7 *Processos em paralelo* não podem ser editadas diretamente. Seus valores devem ser alterados clicando-se no botão  (itens 1, 2, 4 e 5) e nas setas  (item 7).

Os dados usados na janela de *Análise de Contingências* (Fig. 7.5) são preservados no arquivo de registro do Windows, de forma que, ao se iniciar a função, os valores usados na última análise de contingências executada serão automaticamente carregados e estarão disponíveis. No entanto, estes valores podem eventualmente se tornar inválidos. Por exemplo, os valores nos campos 1 *Caso Base*, 2 *Histórico*, 4 *DMAQ* e 5 *Contingências* podem se referir a arquivos de dados não mais disponíveis no disco rígido (que podem ter sido apagados pelo usuário após a execução da análise anterior). Também os dados carregados pela utilização da função *Importar* podem conter erros. Em função disto, ao se clicar o botão *Executar*, é feita uma verificação dos dados disponíveis e todos campos que contiverem erros ou inconsistências aparecerão em vermelho, sendo neste caso bloqueada a execução. A interface só permitirá a execução da análise após o usuário corrigir os dados, quer manualmente, quer importando um conjunto de dados consistentes.

### 7.3.2 Arquivo de dados de contingências

Este arquivo em formato texto, fornecido na caixa de edição *Contingências* da janela *Análise de Contingências* (Fig. 7.5), permite informar os dados específicos para cada contingência a analisar. A estrutura do arquivo está exemplificada na Fig. 7.7, sendo composta basicamente por:

- 1) Primeiro registro de dados com a cadeia de caracteres *CONTINGENCIA*. Isto serve para que a interface verifique se o arquivo de dados é do tipo correto.
- 2) Conjuntos de registros contendo cada um os dados da respectiva contingência. Cada conjunto tem a seguinte estrutura:

A) Registro com os campos:

Nome	Colunas	Descrição
<i>Ident</i>	1 a 12	Identificador da contingência, que será usado na formação dos nomes dos arquivos .stb, .out, .plt e .log.
<i>Título</i>	14 a 92	Título do caso relativo à contingência, a ser substituído no arquivo de dados do Anatem gerado para cada caso.

- B) Conjunto de registros com dados de evento correspondentes à contingência a analisar. Estes registros estão no formato padrão do código de execução *DEVT* do Anatem. Serão usados para substituir a seção do código de execução *DEVT* do arquivo do caso base do Anatem.
  - C) Registro de dados com a cadeia de caracteres *FIMCTG* sinalizando o final dos dados daquela contingência.
- 3) Registro de dados com a cadeia de caracteres *FIM* sinalizando o final dos dados do arquivo.

### 7.3.3 Arquivo com dados da análise a executar

Os botões *Exportar* e *Importar* permitem respectivamente salvar e recuperar os campos 1 a 6 fornecidos na janela *Análise de Contingências* (Fig. 7.5). Este arquivo (exemplificado na Listagem 7.2) possui a seguinte estrutura:

- 1) Primeiro registro de dados com a cadeia de caracteres “*CONTINGENCIA*”. Isto serve para que a interface verifique se o arquivo de dados é do tipo correto.
- 2) Registro contendo a cadeia de caracteres *CasoBase=* seguida do nome do arquivo do caso base do Anatem (com PATH completo). Corresponde ao campo de dados 1 da Fig. 7.5.
- 3) Registro contendo a cadeia de caracteres *Fluxo=* seguida do nome do arquivo histórico de fluxo de potência do ANAREDE (com PATH completo). Corresponde ao campo de dados 2 da Fig. 7.5.
- 4) Registro contendo a cadeia de caracteres *Caso=* seguida do número do caso de fluxo de potência selecionado do arquivo histórico do ANAREDE. Corresponde ao campo de dados 3 da Fig. 7.5.

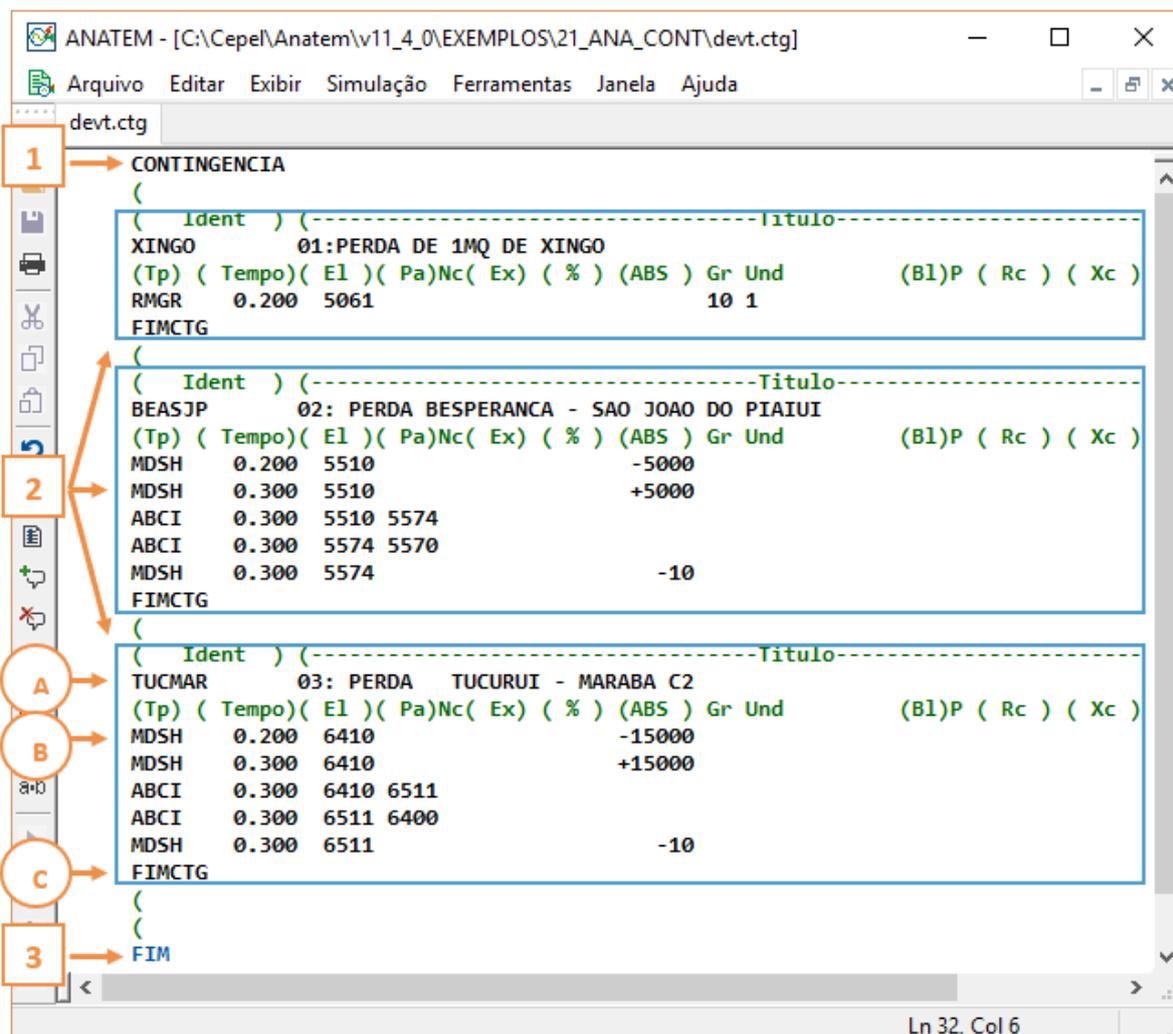


Fig. 7.7: Exemplo de arquivo de dados de contingências

- 5) Registro contendo a cadeia de caracteres *DMAQ=* seguida do nome do arquivo com os dados do código de execução *DMAQ* do Anatem (com PATH completo). Corresponde ao campo de dados 4 da Fig. 7.5.
- 6) Registro contendo a cadeia de caracteres *ArqCTG=* seguida do nome do arquivo com os dados das contingências a analisar (com PATH completo). Corresponde ao campo de dados 5 da Fig. 7.5.
- 7) Registro contendo a cadeia de caracteres *Identificador=* seguida do identificador da análise. Corresponde ao campo de dados 6 da Fig. 7.5.

Listagem 7.2: Exemplo de arquivo com dados da análise a executar

```
[Contingencia]
CasoBase= C:\CEPEL\ANATEM\v11_4_0\EXEMPLOS\21_ANA_CONT\caso_base.stb
Fluxo= C:\CEPEL\ANATEM\v11_4_0\EXEMPLOS\21_ANA_CONT\FLOW\caso.sav
Caso= 1
DMAQ= C:\CEPEL\ANATEM\v11_4_0\EXEMPLOS\21_ANA_CONT\dmaq.dat
ArqCTG= C:\CEPEL\ANATEM\v11_4_0\EXEMPLOS\21_ANA_CONT\devt.ctg
Identificador= P01
```

Caso haja algum dado errado ou inconsistente após a importação deste arquivo, por exemplo, a ausência do caminho (PATH) completo do arquivo ou arquivo inexistente, estes dados aparecerão em vermelho nas caixas de texto correspondentes quando se tentar executar a análise.

### 7.3.4 Execução da análise de contingências

A Fig. 7.8 ilustra o processo de execução da análise de contingências. Após preenchimento dos dados da janela de *Análise de Contingências*, ao se clicar o botão de *Executar* será criado no diretório onde se encontra o *Caso Base* do Anatem um subdiretório com o nome do *Identificador* fornecido. Caso este subdiretório já exista a interface pede confirmação para poder apagar seu conteúdo.

A seguir serão então gerados neste subdiretório os arquivos *.stb* de dados do Anatem específicos para cada contingência, gerados conforme informações contidas no *Caso Base* (dados comuns), nos campos *Histórico*, *Número do Caso*, *DMAQ* e nos dados do arquivo especificado no campo *Contingências*.

A interface dispara para execução em paralelo tantos casos quanto o número especificado no campo *Processos em Paralelo* (o conteúdo deste campo pode ser alterado durante a simulação). Serão então abertas várias pequenas janelas para acompanhamento da evolução de cada caso (item 2 da Fig. 7.8). O usuário pode cancelar um caso específico clicando sobre o respectivo botão *Cancelar*.

Quando um caso termina ou é cancelado, a interface automaticamente dispara o próximo caso na sequência, se ainda houver casos a analisar. Caso se deseje cancelar todos os casos e interromper a análise deve-se clicar no botão *Parar* da janela *Análise de Contingências* (item 1 da Fig. 7.8).

Na janela de mensagens da interface (item 3 da Fig. 7.8) são emitidos avisos caso vez que um caso é iniciado ou terminado, bem como no início e no fim da análise. Caso os arquivos de dados apresentem erros que impeçam a execução, serão abertos os relatórios referentes aos casos problemáticos.

## 7.4 Pós-processamento

Para a realização da análise de estabilidade eletromecânica, são necessárias diversas simulações do programa Anatem. Essas simulações produzem grande quantidade de informações e dessa forma dificulta o trabalho do analista em identificar as situações críticas em estabilidade.

O pós-processamento consiste em analisar simultaneamente diversas simulações do programa Anatem, procurando identificar e ordenar os casos mais críticos, de acordo com critérios pré-estabelecidos, de forma a indicar quais casos devem ser analisados em detalhe.

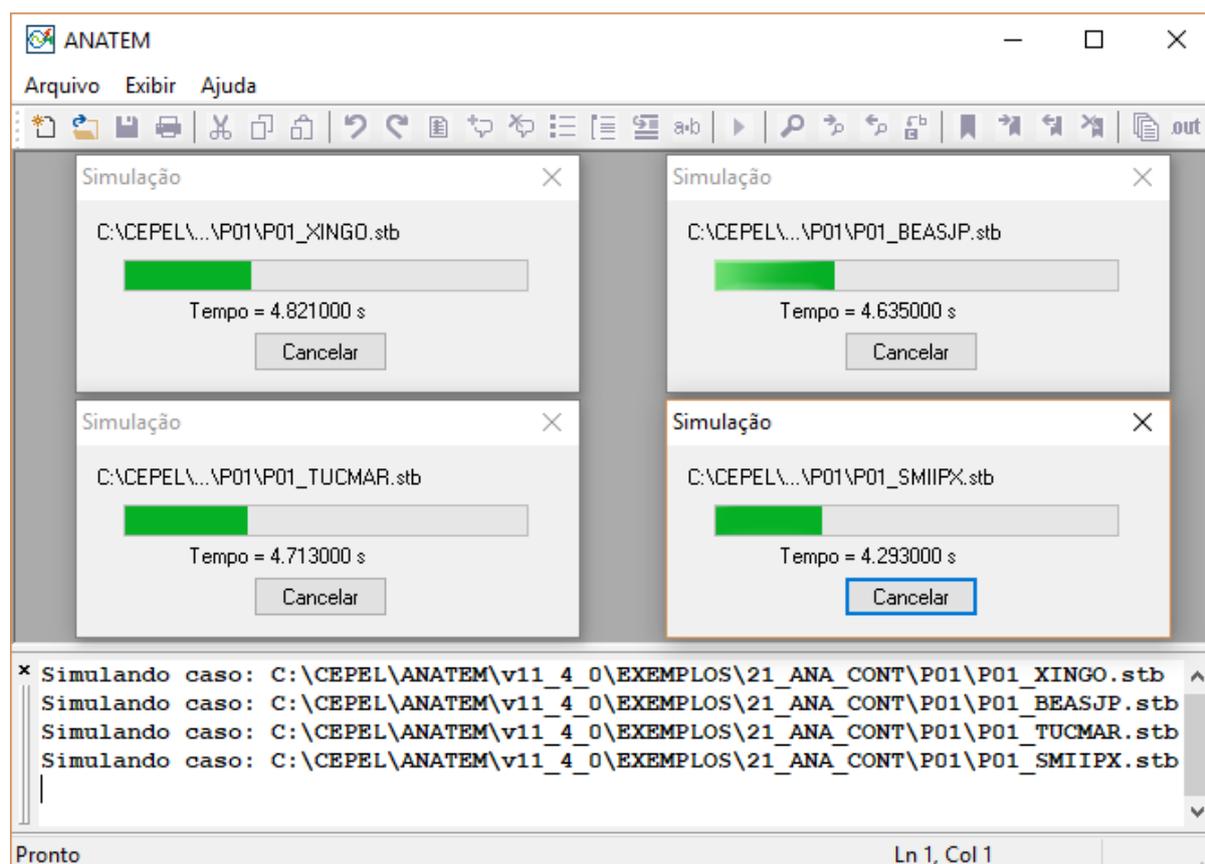


Fig. 7.8: Exemplo de tela de execução de análise de contingências

O pós-processamento é feito a partir dos arquivos de saída de plotagem do Anatem (extensão “.plt”) gerados a partir dos casos a analisar. Todos os casos deverão ter sido simulados a partir do mesmo caso histórico do programa Anarede e deverão conter a mesma lista de variáveis de plotagem.

Para facilitar esta tarefa e aumentar a produtividade na utilização do Anatem, foi implementada na interface uma opção de pós-processamento.

### 7.4.1 Interface

A Fig. 7.9 itens do menu *Arquivo*. O item *Pós-processamento...* deve ser selecionado para executar a função de Pós-processamento. Devido a grande quantidade de informação a ser exibida/informada pelo usuário, o diálogo foi categorizado em três abas: *Dados Principais*, *Parâmetros para Critério* e *Dados de Identificação de Regime Permanente*.

#### Dados Principais

A primeira aba consiste na seleção dos casos a serem analisados pela ferramenta. O usuário deverá informar além do diretório de onde se encontram os arquivos de caso de estabilidade, o arquivo histórico e o caso utilizados na análise. Na segunda aba, parâmetros relativos aos critérios de análise dos casos devem ser informados. Os valores *default* dos campos informados são aqueles definidos pelo ONS, e devem ser modificados apenas sob demanda específica. Na terceira aba, dados relativos ao regime permanente são informados ao diálogo para correto processamento da análise. As abas de *Dados Principais*, *Parâmetros para Critério* e *Dados de Identificação do Regime permanente* são apresentadas, da Fig. 7.10 a Fig. 7.12.

A aba de *Dados Principais* (Fig. 7.10) contém os seguintes itens:

- 1) *Título*: permite informar o título do estudo.

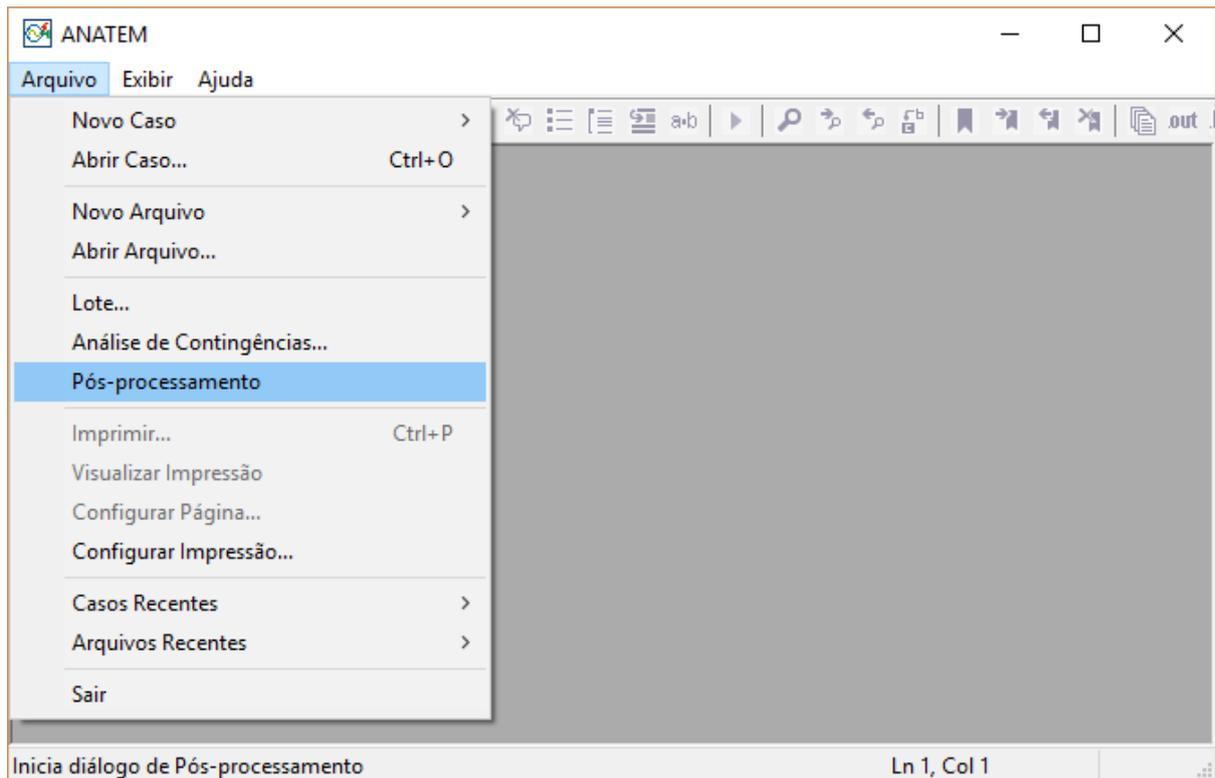


Fig. 7.9: Seleção da tarefa de Pós-processamento a partir do menu Arquivo

- 2) *Histórico*: permite informar o arquivo histórico do Anarede a ser referenciado no arquivo Anatem específico para a execução do pós-processamento.
- 3) *Número do Caso*: permite informar o número do caso histórico do Anarede (contido no arquivo selecionado no item anterior) a ser referenciado no arquivo Anatem específico para a execução de cada contingência. Clicando-se no botão  correspondente, abre-se a janela *Lista de Casos Anarede* (Fig. 7.6), que mostra todos os casos contidos no arquivo histórico especificado. Ao se clicar na linha com o caso desejado e depois no botão *OK* o número do referido caso é preenchido na caixa de edição. A opção de *Filtrar pelo Número do Caso* permite ao usuário que a ferramenta de pós-processamento só considere em sua análise os casos que coincidem com o arquivo histórico e com o caso informados na janela de diálogo.
- 4) *Diretório*: permite informar o diretório contendo os casos de simulação (extensão *.stb*). Clicando-se no botão  correspondente, é possível selecionar o diretório desejado.
- 5) *Casos Disponíveis*: lista dos arquivos de simulação presentes no diretório informado no item 4 e que utilizam o arquivo histórico informado no item 2.
- 6) *Botão Incluir*: permite incluir caso(s) da lista de casos disponíveis na lista de casos selecionados.
- 7) *Botão Excluir*: permite remover caso(s) da lista de casos selecionados.
- 8) *Botão Incluir todos*: permite incluir todos os casos da lista de casos disponíveis na lista de casos selecionados.
- 9) *Botão Excluir todos*: permite remover todos os casos da lista de casos selecionados.
- 10) *Botão Iniciar Pós-processamento*: inicia o pós-processamento. Ao termino desse, será visualizado diálogo dos resultados.
- 11) *Botão Visualizar Último Resultado*: Visualiza o diálogo de resultados com o último resultado processado.
- 12) *Botão Carregar Resultado*: Permite carregar e visualizar resultados de pós-processamento gravados pelo usuário.
- 13) *Botão Cancelar*: Permite cancelar processamento e conseqüentemente fechar o diálogo de pós-processamento.

Pós-processamento

Dados Principais | Parâmetros para Critério | Dados de Identificação do Regime Permanente

Título:

Histórico:

Número do Caso:   Filtrar pelo Número do Caso

Seleção de Casos a Analisar

Diretório:

Casos Disponíveis:

Casos Selecionados:

Incluir

Excluir

Incluir todos

Excluir todos

Iniciar Pós-processamento | Visualizar Último Resultado | Carregar Resultado | Cancelar

Fig. 7.10: Aba para fornecimentos dos Dados Principais para o Pós-processamento

## Parâmetros para Critério

Na aba de *Parâmetros para Critério* (Fig. 7.11), o usuário pode configurar os critérios de tensão, reativo CER, reativo GER e carregamento de circuitos.

**Pós-processamento**

Dados Principais | **Parâmetros para Critério** | Dados de Identificação do Regime Permanente

**Critério de tensão 1 (Tensão inferior a  $V_{min}$  na primeira oscilação)**

$V_{min}$  =  % (default)    Alerta 1  $\leq$   % (default)    Alerta 2  $\leq$   % (default)  
 % (500kv)     % (500kv)     % (500kv)

**Critério de tensão 2 (Tensão inferior a  $V_{min}$  após a primeira oscilação)**

$V_{min}$  =  % (default)    Alerta 1  $\leq$   % (default)    Alerta 2  $\leq$   % (default)  
 % (500kv)     % (500kv)     % (500kv)

**Critério de tensão 3 (Tensão com variação pico-a-pico superior a  $A_{max}$  no tempo  $T_{verif}$ )**

$A_{max}$  =  %    Alerta 1  $\geq$   %    Alerta 2  $\geq$   %  
 $T_{verif}$  =  Segundos

**Critério de tensão 4 (Maxima variação de tensão admitida ao final da simulação)**

$V_{final} \geq V_{ini} -$   %  $V_{nom}$     Alerta 1  $\leq$   %    Alerta 2  $\leq$   %

**Critério de tensão 5 (Tensão superior ao Grupo Limite de Tensão ao final da simulação)**

Alerta 1  $\geq$   %    Alerta 2  $\geq$   %

**Reativo CER**

$QCER \geq$   %  $Q_{lim}$     Alerta 1  $\geq$   %    Alerta 2  $\geq$   %

**Reativo GER**

$QGER \geq$   %  $Q_{lim}$     Alerta 1  $\geq$   %    Alerta 2  $\geq$   %

**Critério de carregamento de circuitos (Carregamento de circuito superior a MVA final ao final da simulação)**

MVA final  $\geq$   % da capacidade de emergência    Alerta 1  $\geq$   %    Alerta 2  $\geq$   %

Salvar    Carregar    Carregar Default

Iniciar Pós-processamento    Visualizar Último Resultado    Carregar Resultado    Cancelar

Fig. 7.11: Aba para o fornecimento dos Parâmetros para os Critérios do Pós-processamento

Esta aba apresenta os seguintes itens:

- 1) **Botão Salvar:** permite gravar os critérios definidos pelo usuário em arquivo.
- 2) **Botão Carregar:** permite ler arquivo com critérios definidos pelo usuário.
- 3) **Botão Carregar Default:** permite restabelecer os parâmetros *default* da ferramenta (de valores iguais aos presentes na Fig. 7.11)

Para os diferentes critérios de tensão, somente são consideradas as barras selecionadas pelo mnemônico *VOLT* do código *DPLT* do arquivo de simulação (extensão *.stb*).

O *critério de tensão 1* atua na primeira oscilação após distúrbio. Seleciona as barras com tensão inferior a um determinado valor mínimo percentual da tensão nominal ( $V_{min}$ ). O usuário deve informar  $V_{min}$ . É possível informar percentual específico para as barras de 500kv. Deve-se também informar os valores correspondentes para o *alerta 1* e para o *alerta 2*. O *alerta 2* representam as barras com as maiores severidades enquanto o *alerta 1* representam as barras com severidade média.

O *critério de tensão 2* atua na segunda oscilação após distúrbio. Seleciona as barras com tensão inferior a um determinado valor mínimo percentual da tensão nominal ( $V_{min}$ ). O usuário deve informar  $V_{min}$ . É possível informar percentual específico para as barras de 500kV. Deve-se também informar os valores correspondentes para o *alerta 1* e para o *alerta 2*. O *alerta 2* representam as barras com as maiores severidades enquanto o *alerta 1* representam as barras com severidade média.

O *critério de tensão 3* atua posterior ao tempo  $T_{verif}$  informado pelo usuário e seleciona as barras com amplitude superiores a  $A_{max}$ . O usuário deve informar  $A_{max}$ . Deve-se também informar os valores correspondentes para o *alerta 1* e para o *alerta 2*. O *alerta 2* representam as barras com as maiores severidades enquanto o *alerta 1* representam as barras com severidade média.

Para o *critério de tensão 4*, o usuário deve informar a máxima variação de tensão admitida ao final da simulação. Deve-se também informar os valores correspondentes para o *alerta 1* e para o *alerta 2*. O *alerta 2* representam as barras com as maiores severidades enquanto o *alerta 1* representam as barras com severidade média.

O *critério de tensão 5* atua no final da simulação. Seleciona as barras com tensão superior descrita no código  $DGLT$  (grupo limite de tensão) do Anarede. O usuário deve informar os valores correspondentes para o *alerta 1* e para o *alerta 2*.

O critério de potência reativa em compensadores estáticos (*Reativo CER*) verifica se, ao final da simulação, as potências elétricas reativas terminais de compensadores estáticos selecionadas com o mnemônico  $BCES$  do código  $DPLT$  do Anatem atendem às respectivas faixas de geração/absorção de reativo especificada no código  $DCER$  do Anarede.

O critério de potência reativa em gerador (*Reativo GER*) verifica se, ao final da simulação, as potências elétricas reativas terminais de geradores selecionadas com o mnemônico  $QELE$  do código  $DPLT$  do Anatem atendem às respectivas faixas de geração/absorção de reativo especificada no código  $DBAR$  do Anarede. O usuário deve informar os valores correspondentes para o *alerta 1* e para o *alerta 2*.

O *critério de carregamento de circuito* atua no final da simulação. Este critério verifica se os carregamentos de todos os circuitos selecionados com o mnemônico  $ILIN$  do código  $DPLT$  do Anatem (módulo da corrente do circuito CA, em p.u.) atendem aos limites de emergência de curta duração especificados no código  $DLIN$  do Anarede. Opcionalmente pode-se multiplicar este limite por uma porcentagem definida pelo usuário. O usuário deve informar os valores correspondentes para o *alerta 1* e para o *alerta 2*.

O *critério de relés* não requer parâmetros. São selecionados os registros de atuação de relés de impedância, sub/sobrtensão, sobrecorrente e subfrequência.

O *critério angular* não requer parâmetros. É feita análise da diferença entre os ângulos das barras de 500 kV em Tucuruí e Paulo Afonso, calculada no Anatem através de um Controlador Definido por Usuário - CDU com a saída identificada por TUCPAQ. Em síntese, pelo critério deve-se garantir que a diferença angular entre Tucuruí e PAF IV após o defeito e a primeira oscilação, com relação a  $90^\circ$  deve ser menor ou igual a diferença do angular final com relação a  $90^\circ$ . O critério determina que  $A1$  seja menor ou igual a  $A2$ . Esse recurso possui aplicabilidade restrita à avaliação da interligação entre os sistemas Norte e Nordeste.

### Dados de Identificação do Regime Permanente

A aba de *Dados de Identificação do Regime Permanente* (Fig. 7.12) apresenta os seguintes itens:

- 1) *Botão Salvar*: permite gravar, em arquivo, as variáveis de plotagem selecionadas pelo usuário em arquivo.
- 2) *Botão Carregar*: permite carregar do arquivo, as variáveis de plotagem.

Com o objetivo de contribuir para a identificação das condições operativas em regime permanente anteriores às simulações, no topo do diálogo de visualização de resultados poderão ser exibidas até 12 grandezas selecionadas entre as variáveis de plotagem (arquivos  $.plt$ ) do Anatem. Estas variáveis serão selecionadas nesta aba, sendo associada a cada uma um identificador de até 15 caracteres.

Pós-processamento

Dados Principais Parâmetros para Critério Dados de Identificação do Regime Permanente

	Tipo	El	Pa	Nc	Gp	Br	Gr	Ex	BI	P	Identifica
01											
02											
03											
04											
05											
06											
07											
08											
09											
10											
11											
12											

< >

Salvar Carregar

Iniciar Pós-processamento Visualizar Último Resultado Carregar Resultado Cancelar

Fig. 7.12: Aba para o fornecimento dos Dados de Identificação do Regime Permanente

## 7.4.2 Resultado do Pós-processamento

Ao término do processamento é inicializado o diálogo mostrado na Fig. 7.13. Visando melhor entendimento/visualização, esse diálogo é categorizado em abas por critério. Na parte superior são mostradas as variáveis de plotagem em regime permanente selecionadas pelo usuário. Na parte inferior são listadas por ordem de severidade as violações correspondentes a cada critério. As violações correspondente ao *alerta 2* são apresentadas em cor de fundo roxo e cor de fonte preta. No *alerta 1*, as violações, são apresentadas em cor de fundo amarela e cor de fonte vermelha. As demais violações são apresentadas em cor de fundo branca e cor de fonte vermelha.

Exemplo de uso da ferramenta de Pós-processamento

#	Identificador	Valor									
01			02			03			04		
05			06			07			08		
09			10			11			12		

Tensão Carregamento de Circuitos Reativos GER Reativos CER Relés Diferença Angular

	Tipc	Caso	Local	A1	A2	Condição (A1>=A2)
01	DO1	P01_TUCMAR	TUCPAQ	13.783000	12.015400	Violado
02	DO1	P01_BEASJP	TUCPAQ	17.673900	22.323100	Não Violado
03	DO1	P01_BEASJP	TUCPAQ	16.155500	21.132800	Não Violado
04	DO1	P01_BEASJP	TUCPAQ	13.213600	18.087300	Não Violado
05	DO1	P01_BEASJP	TUCPAQ	8.331200	13.382300	Não Violado
06	DO1	P01_BEASJP	TUCPAQ	8.339500	13.390700	Não Violado
07	DO1	P01_BEASJP	TUCPAQ	48.785500	52.999500	Não Violado
08	DO1	P01_BEASJP	TUCPAQ	47.327000	51.809200	Não Violado
09	DO1	P01_BEASJP	TUCPAQ	39.292700	44.067100	Não Violado
10	DO1	P01_BEASJP	TUCPAQ	39.284400	44.058700	Não Violado
11	DO1	P01_BEASJP	TUCPAQ	108.686100	111.376300	Não Violado
12	DO1	P01_BEASJP	TUCPAQ	117.281900	120.676400	Não Violado
13	DO1	P01_BEASJP	TUCPAQ	44.386000	48.763700	Não Violado

Salvar Resultado OK Cancel

Fig. 7.13: Diálogo da visualização de resultados do Pós-processamento

## Arquivos Anatem



Os arquivos a serem invocados pelo Anatem podem ser declarados por dois meios distintos: através de declaração *ULOG* (recurso legado); ou através de declaração *DARQ* (preferido). Alguns tipos de arquivos podem ter seu nome inferido automaticamente pelo Anatem, por meio do código *DARQ*.

**Dica:** Utilize sempre declarações *DARQ* para arquivos. O comando *DARQ* possui recursos não disponíveis para arquivos declarados por *ULOG*, como a identificação automática de arquivos de saída.

### 8.1 Arquivos de Entrada (Principal e Modelos)

#### Ficha descritiva: Principal



<b>Número ULOG</b>	#1
<b>Tipo no DARQ</b>	STB
<b>Extensão</b>	.stb; .stbx
<b>Nome automático</b>	Não

**Arquivo de entrada** com os Códigos, Opções de Controle de Execução e dados relativos ao sistema elétrico em estudo

O arquivo de dados de entrada (UL#1) é um arquivo em texto. Através desta unidade lógica são efetuadas as entradas de dados para o programa, sejam Códigos, Opções de Controle de Execução ou dados da rede elétrica. A associação desta unidade lógica ao terminal de vídeo torna mais flexível o controle de execução do programa, a realização de

estudos e a análise de resultados. Este modo de operação é particularmente eficiente quando os dados relativos ao sistema elétrico já estiverem armazenados em um caso de um dos arquivos de casos armazenados de fluxo de potência (UL#2). Estando esta unidade associada ao terminal de vídeo é possível também visualizar a máscara do formato no qual os dados devem ser fornecidos. Para obter esta máscara, deve ser digitado, a qualquer momento, o caractere "?". Após a impressão desta máscara, os dados podem ser fornecidos normalmente obedecendo as posições das colunas dos respectivos campos.

A partir de um arquivo de dados associado à unidade lógica #1 (pelo código ULOG) é possível através de outro código ULOG interno a este arquivo, carregar na mesma unidade outro arquivo contendo parte dos dados. Ao término deste segundo arquivo a leitura continua no ponto onde parou no arquivo de dados original. Só é permitido um nível de aninhamento de arquivo de dados, isto é, este segundo arquivo não pode carregar um terceiro. Este recurso pode ser particularmente útil para carregar o arquivo DMAQ.DAT gerado pelo programa ANATO.

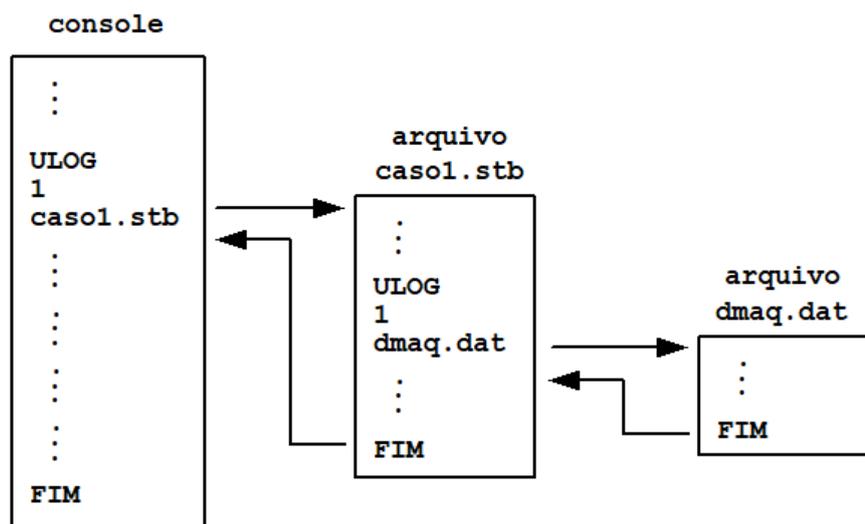


Fig. 8.1: Estrutura de aninhamento de arquivos por UL#1

#### Ficha descritiva: Modelos



Número ULOG	#3
Tipo no DARQ	BLT, CDU, DAT
Extensão	.blt, .cdu, .dat
Nome automático	Não

**Arquivo de entrada** de dados de modelos armazenados para estabilidade

O arquivo de dados de modelos armazenados para estabilidade (UL#3) é um arquivo em texto e sua função é bastante próxima do arquivo de entrada. Difere-se quanto à disponibilidade de *Códigos de Execução* que podem ser definidos em um arquivo invocado pela unidade lógica 3, que é mais restrita.

Os tipos de arquivos de entrada e dados são indistintos para o código *DARQ*. É permitido que através de um arquivo de dados associado pelo código *DARQ*, seja dado outro código *DARQ* fornecendo outros arquivos de dados. Ao término de cada arquivo, a leitura continua no ponto onde parou no arquivo de dados de nível acima. São permitidos infinitos níveis de aninhamento de arquivo de dados, i.e. um segundo arquivo pode carregar um terceiro e assim sucessivamente, conforme apresenta a Fig. 8.2 :

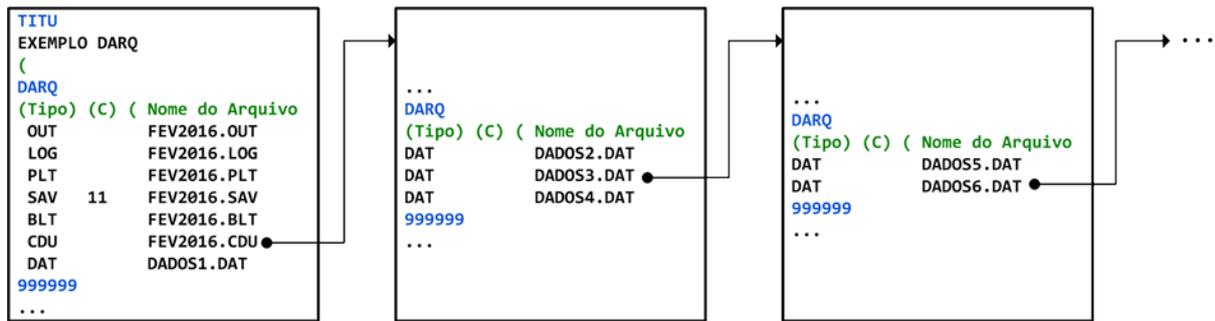


Fig. 8.2: Estrutura de aninhamento de arquivos por DARQ

**Atenção:** A UL#3 é mais restrita que a UL#1. Alguns recursos podem não estar disponíveis para arquivos declarados por UL#3.

**Dica:** Utilize sempre o comando *DARQ* para declarar associação de arquivos. O comando *DARQ* não apresenta a limitação de códigos da UL#3.

**Nota:** Os arquivos STBX e STB diferem na forma como os arquivos devem estar estruturados. Para os arquivos STB, os caminhos relativos da chamada dos arquivos é sempre em relação ao arquivo principal. Para os arquivos STBX, os caminhos são relativos aos próprios caminhos. O *Anatem* identifica automaticamente qual o tipo de estrutura será utilizada pela extensão do arquivo principal.

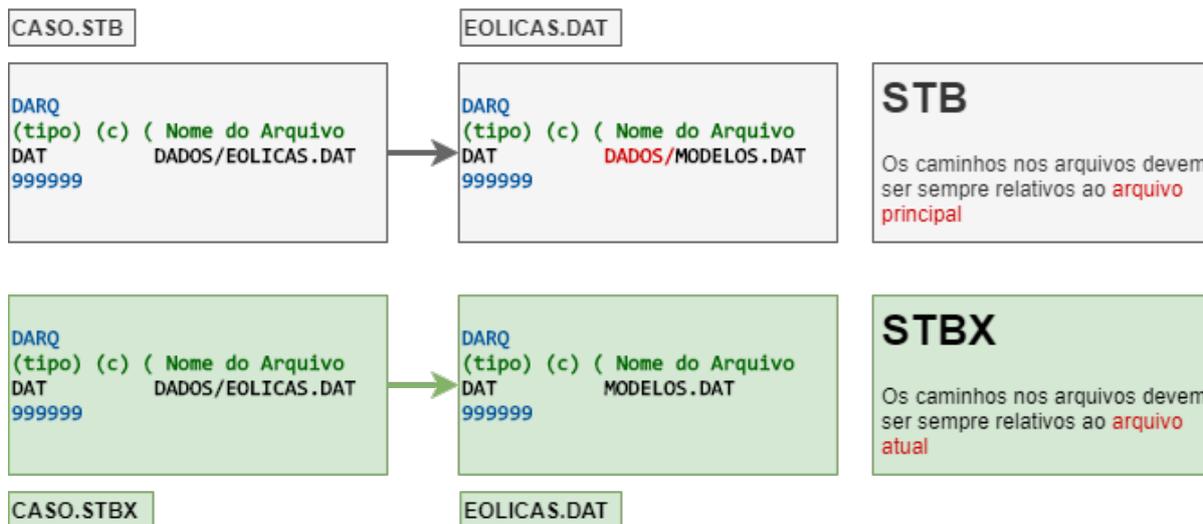
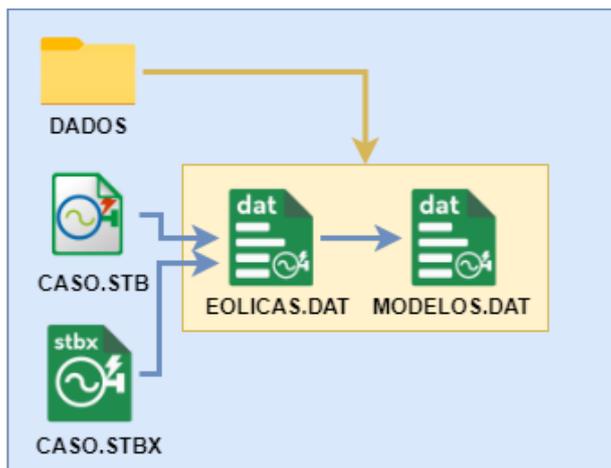


Fig. 8.3: Diferença na estrutura de arquivos STBX do arquivo STB

Note que no exemplo mostrado, o EOLICAS.DAT chama o MODELOS.DAT de forma diferente. A diferença prática na estrutura dos arquivos é que no CASO.STB, caso o arquivo principal precise ser alterado na estrutura de diretório (ser colocado em uma pasta, por exemplo), todos os arquivos que ele chama e todos os arquivos chamados por outros arquivos precisam ter o caminho corrigido para contemplar essa mudança. Com o CASO.STBX, basta mudar as chamadas no código DARQ do arquivo STBX, sem precisar alterar demais arquivos que são chamados de forma indireta.

## 8.2 Arquivo Histórico ou Savecase

Ficha descritiva: Histórico



Número ULOG	#2
Tipo no DARQ	HIS, SAV
Extensão	.his, .sav
Nome automático	Sim

**Arquivo de entrada** de ponto de operação (Anarede)

O arquivo histórico (ou *savecase*) de casos armazenados (UL#2) é um arquivo binário contendo casos de fluxo de potência, onde estão definidos, dentre outros, os dados de rede elétrica. A utilização deste arquivo é permitida apenas para leitura de casos armazenados e previamente com o programa Anarede, convergidos e em versão compatível. Alguns dados individualizados no caso de fluxo de potência do Anarede podem ser feitos equivalentes nas estruturas do Anatem, sendo necessários redefini-los com dados dinâmicos para que sejam considerados como tal (exemplo: geração individualizada).

O arquivo histórico é declarado via comando ULOG 2 e acessado por comando ARQV REST, ou então por declaração do tipo HIS ou SAV em código *DARQ*, associando-se o número do caso histórico de que se deseja reestabelecer o ponto de operação, em ambos os casos. Simulações realizadas no Anatem NÃO podem ser transcritas, ao final, em uma nova posição do arquivo histórico do Anarede.

**Dica:** A declaração do arquivo histórico por *DARQ* dispensa o uso do comando ARQV REST. O reestabelecimento do caso é feito no instante da declaração do arquivo.

**Dica:** O usuário pode conferir qual o caso histórico que está sendo reestabelecido ao clicar no ícone do Anarede pela interface

### 8.3 Arquivo CDUEdit

**Ficha descritiva: CDE**


<b>Número ULOG</b>	-
<b>Tipo no DARQ</b>	CDE
<b>Extensão</b>	.cde
<b>Automático</b>	Não

**Arquivo de entrada** do tipo CDUEdit, a ser convertido automaticamente para formato Anatem. Pode ser chamado também através de código de execução *ACDE*

O arquivo CDUEdit é um arquivo binário, gerado e mantido pelo programa auxiliar de mesmo nome.

O objetivo deste programa está em permitir ao usuário uma modelagem gráfica dos controladores, dispondo dos mesmos recursos do modo texto do Anatem.

O arquivo CDUEdit pode ser declarado tanto através do código *ACDE* quanto através de declaração do tipo CDE no código *DARQ*.

Não é possível vincular um arquivo CDE ao Anatem através de instrução *ULOG*.

A Figura a seguir ilustra o programa CDUEdit com um controle modelado:

**Cuidado:** Verifique a compatibilidade do CDUEdit com o Anatem. Novos blocos podem ainda não estarem disponíveis.

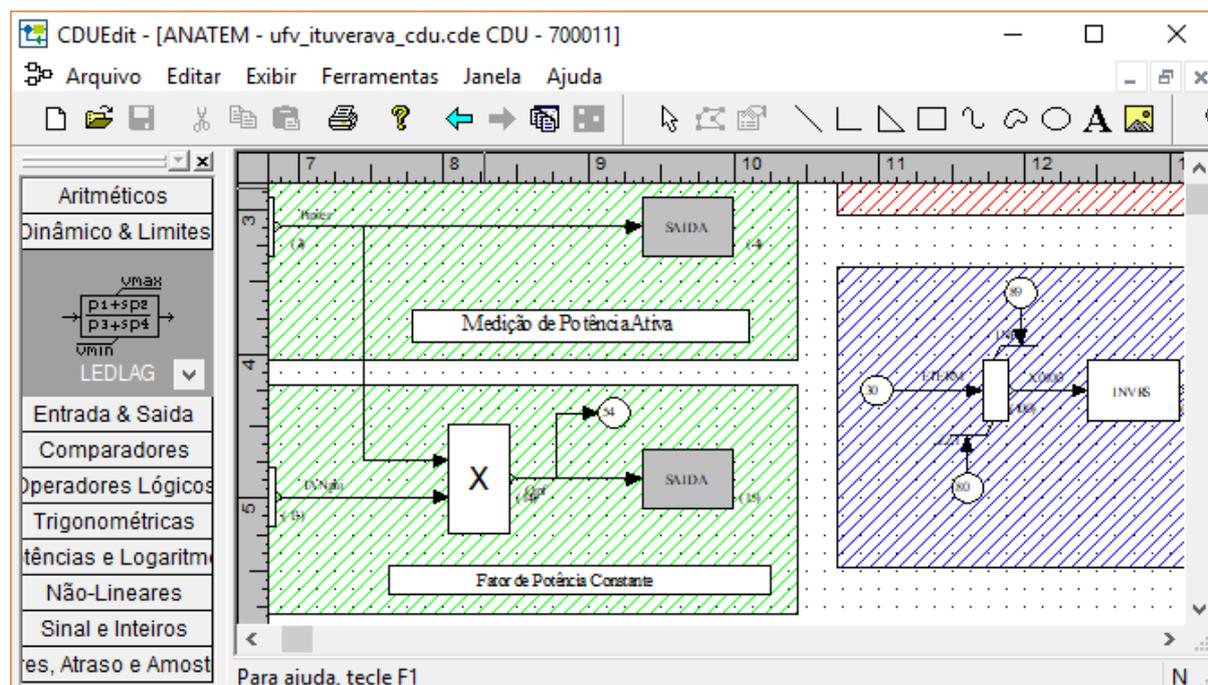


Fig. 8.4: Controle do Anatem modelado via CDUEdit

## 8.4 Arquivo de Relatório

### Ficha descritiva: Relatório



Número ULOG	#4
Tipo no DARQ	OUT
Extensão	.out
Nome automático	Sim

**Arquivo de saída** de impressão de relatório contendo todos os avisos e mensagens, além de relatórios

O arquivo de relatório é um arquivo de texto, interpretado pelo Anatem por conveniência do usuário, realçando títulos e cabeçalhos de relatórios, bem como erros e avisos.

Neste arquivo de saída, também se encontrarão relatórios requisitados através do código *RELA* e cópia dos comandos lidos quando a opção *IMPR* está ativa.

O arquivo de relatório pode ser declarado por comando ULOG 4 ou por declaração do tipo *OUT* no código *DARQ*.

A Figura a seguir ilustra um trecho de um arquivo de relatório, com exemplos de possíveis destaques a serem feitos pelo Anatem:

Listagem 8.1: Relatório do Anatem contendo erros ignorados

```
*** AVISO INPMAQ-970 ***
ATENÇÃO! Opção IERR ativada. Erros não severos não interromperão a execução, porém,
→ dados correspondentes serão desconsiderados.
```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

DADOS DE MAQUINA SÍNCRONA										
Barra	No Pg(%)	No	Maq	Exc	Vel	Est	Reat	Barra		
Num	Nome	Gr Qg(%)	Un	Mod	Mod T	Mod T	Mod T	Xvd	Contr	
9446		10		125	119U	163U	183U			

\*\*\* ERRO IGNORADO INPMAQ-110 \*\*\*  
Número de barra inexistente.

**Dica:** O recurso de nome automático para este tipo de arquivo traz ganhos de produtividade ao usuário e seu uso é sempre recomendado

## 8.5 Arquivo de Log de Mensagens

### Ficha descritiva: Log



<b>Número ULOG</b>	#9
<b>Tipo no DARQ</b>	LOG
<b>Extensão</b>	.log
<b>Nome automático</b>	Sim

**Arquivo de saída** para armazenamento de mensagens de eventos durante a simulação

O arquivo de log de mensagens (UL#9) é um arquivo de texto, cujo objetivo está em apresentar, de maneira resumida, apenas as mensagens devido a ocorrência de eventos e erros durante a simulação; diferindo portanto do arquivo de relatório em escopo.

O arquivo de log de mensagens é declarado através do comando ULOG 9, ou então por declaração do tipo *LOG* no código *DARQ*.

A Figura a seguir ilustra um trecho de arquivo de log de mensagens:

Listagem 8.2: Relatório de log de mensagens

RELATÓRIO DE MENSAGENS DA SIMULAÇÃO - TEMPO = 30.0 SEG	
***** SIMULAÇÃO DO INSTANTE T= 0.0s ATÉ O INSTANTE T= 30.0s *****	
T= 1.0000s	APCC - Aplicou afundamento de tensão na barra 7 Barra7
T= 1.0000s	APCC - Barra 7 - Estágio 1)
	Impedância de Curto: Rc = 2.4635% Xc = 4.983%
T= 1.0010s	MONITORAÇÃO: Relé de imped. MOD. 19
	da barra 7 Barra7 entraria em operação.

**Dica:** O recurso de nome automático para este tipo de arquivo traz ganhos de produtividade ao usuário e seu uso é sempre recomendado

## 8.6 Arquivo de Plotagem de Sinais

### Ficha descritiva: Plotagem



<b>Número ULOG</b>	#8
<b>Tipo no DARQ</b>	PLT
<b>Extensão</b>	.plt
<b>Nome automático</b>	Sim

**Arquivo de saída** de plotagem para sinais definidos via código DPLT

O arquivo de plotagem (UL#8) é um arquivo de texto, formatado para ser interpretado pelo programa acessório de plotagem Plot Cepel. A declaração deste arquivo pode ser realizada via comando ULOG 8, ou então por declaração do tipo PLT no código *DARQ*. Os sinais a serem exportados para o arquivo de plotagem devem ser definidos através do código *DPLT*.

A partir da versão 12.5.0 do programa, é possível de se plotar as variáveis no formato CSV. Para isso, basta escrever o identificador “CSV” referente a coluna “C” do código *DARQ*. O nomeador automático adicionará a extensão CSV nessas condições. O trecho de código a seguir ilustra a utilização do modo CSV para plotagem, bem como o nome automático:

Listagem 8.3: Ativação do modo CSV do arquivo de plotagem, com nomeação automática

```
DARQ
out
log
(Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
sav      1
plt      csv
999999
```

A Figura a seguir ilustra a janela gráfica da Plot:

**Dica:** O recurso de nome automático para este tipo de arquivo traz ganhos de produtividade ao usuário e seu uso é sempre recomendado

Novo na versão 12.5.0: É possível de se plotar os sinais no formato CSV. Para isso, adicione o termo CSV na coluna “c” do código *DARQ*.

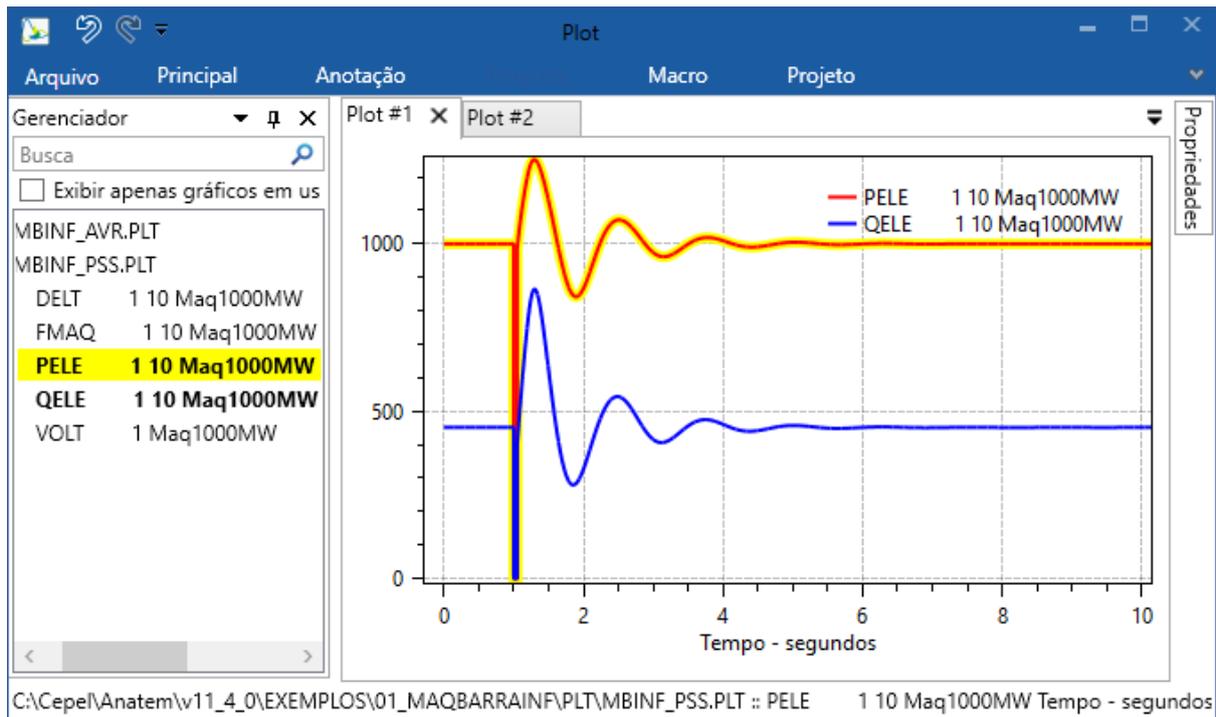


Fig. 8.5: Aplicação auxiliar Plot para visualização de gráficos

## 8.7 Arquivo de Plotagem de Variáveis de CDU

### Ficha descritiva: Variáveis CDU



<b>Número ULOG</b>	-
<b>Tipo no DARQ</b>	PLTCDU
<b>Extensão</b>	.plt
<b>Nome automático</b>	Sim

**Arquivo de saída** de *template* plotagem dos sinais definidos via código DPLT

Ao se usar um arquivo de plotagem tradicional, requer-se do usuário que cada variável de interesse seja declarada dentro do comando DPLT. Para variáveis de CDU, contudo, é permitido ao usuário criar arquivos de saída específicos contendo todas as variáveis de determinado controlador. Para valer-se do recurso, o usuário deverá primeiramente declarar um arquivo do tipo PLTCDU no código *DARQ*. O nome informado servirá como base para os arquivos a serem gerados. Em um segundo momento, é necessário declarar no código DPLT quais CDUs se deseja observar. Para isso, o usuário deverá preencher o registro da variável CDU normalmente, com a diferença que para o campo Bloco (bl), deverá ser preenchido com “\*”.

Um segundo uso deste tipo de arquivo é relativo às declarações *Definição de Variáveis para Plotagem (DEFPLT)* do *DCDU*. Neste caso, o campo Bloco (bl) deverá ser deixado em branco. Caso não existam variáveis para plotagem no controle, o arquivo de saída não apresentará sinais.

A partir da versão 12.5.0 do programa, é possível de se plotar as variáveis no formato CSV. Para isso, basta escrever o identificador “CSV” referente a coluna “C” do código *DARQ*. O nomeador automático adicionará a extensão CSV nessas condições.

O trecho de código a seguir ilustra a utilização do modo CSV para plotagem:

Listagem 8.4: Ativação do modo CSV do arquivo de plotagem de CDUs

```
DARQ
out
log
(Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
sav      1
pltcdu csv
999999
```

A Figura a seguir ilustra os arquivos produzidos pelo recurso do *Arquivo de Plotagem de Variáveis de CDU*:

Nome	Data de modificaç...	Tipo
 TESTECC.PLT	09/10/2018 10:15	Arquivo Plot
 TESTECC_CDU_000001.PLT	09/10/2018 10:15	Arquivo Plot
 TESTECC_CDU_000003.PLT	09/10/2018 10:15	Arquivo Plot

Fig. 8.6: Arquivos produzidos com o recurso PLTCDU

Novo na versão 12.4.0: O nome do arquivo de saída recebeu um termo adicional “\_ALL” para diferenciar do modo de plotagem a partir das declarações *Definição de Variáveis para Plotagem (DEFPLT)*, que utiliza o sufixo “\_SLT”

Novo na versão 12.5.0: É possível de se plotar os sinais no formato CSV. Para isso, adicione o termo CSV na coluna “c” do código *DARQ*.

## 8.8 Arquivo de Plotagem de Curvas de Relés

### Ficha descritiva: Relé



<b>Número ULOG</b>	-
<b>Tipo no DARQ</b>	RELE
<b>Extensão</b>	.pltx
<b>Nome automático</b>	Sim

**Arquivo de saída** de dados para plotagem de curvas de relés de impedância.

O arquivo de plotagem de curvas de relé é um arquivo texto, formatado para ser lido pela PlotCepel, a partir da versão 6.1.0. Este arquivo apresenta uma relação de sinais de impedância monitorados pela simulação do Anatem, bem como as regiões dos relés associados a essas impedâncias monitoradas.

Para gerar este arquivo de plotagem, é necessário apenas que o usuário informe ao Anatem o arquivo do tipo RELE no código *DARQ*, e então as curvas e regiões de todo os relés do caso serão escritas no arquivo informado. É preciso ainda, naturalmente, que exista no caso algum relé de impedância modelado através do Código de Execução DREL. Os relés que geram regiões são os modelos:

#### MD04

Relé de impedância para detecção de defeito em circuito

**MD05**

Relé de impedância para detecção de oscilação entre áreas

**MD09**

Relé de impedância para abertura de circuito CA em esquemas especiais de proteção

**MD18**

Relé de impedância em lente para desligamento de circuito

**MD19**

Relé de impedância com característica quadrilátera

Havendo modelos de relés de impedância no caso, é possível obter as suas regiões e variáveis associadas pela simples associação de arquivo de plotagem de tipo “RELE” sem a necessidade de definição das variáveis associadas que se desejaria imprimir. A associação do arquivo deve ser realizada através do código *DARQ*, conforme o exemplo a seguir:

Listagem 8.5: Declaração de arquivo de saída de plotagem de curvas de relé

```

1  DARQ
2  (Tipo) (C) ( Arquivo
3  OUT      exemplo.out
4  LOG      exemplo.log
5  PLT      exemplo.plt
6  SAV      2  exemplo.sav
7  BLT      exemplo.blr
8  DAT      DREL.DAT
9  RELE     RELE.PLTX
10 999999

```

Ilustra-se a seguir possíveis regiões traçadas, juntamente com os seus sinais monitorados:

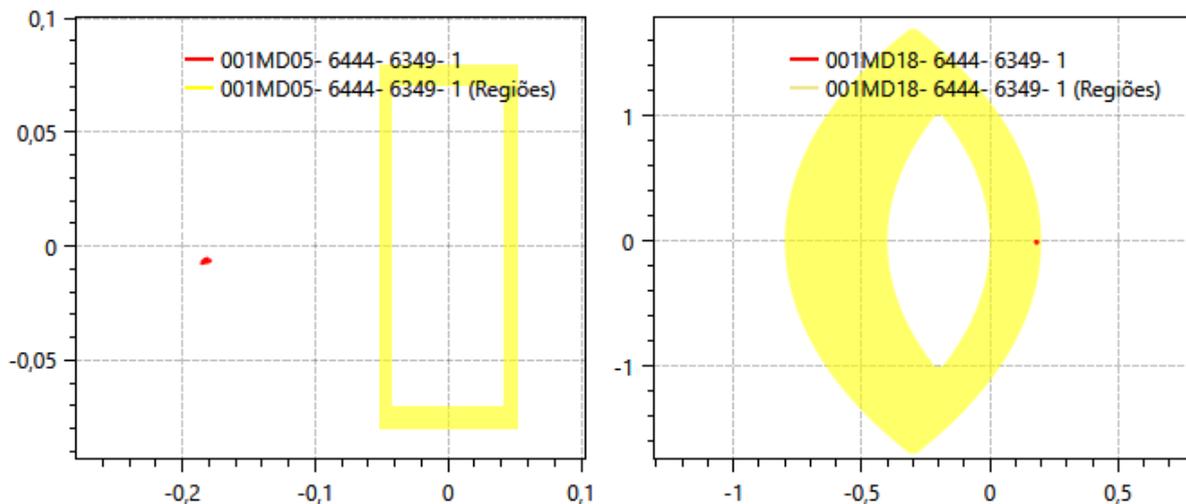


Fig. 8.7: Exemplo de curvas de relés possíveis

**Dica:** Este recurso dispensa declaração de qualquer dado adicional; basta definir o arquivo RELE e as curvas serão geradas!

Novo na versão 12.0.3: O arquivo de saída de relés foi separado. Cada tipo de relé gerará um arquivo diferente, adicionando um sufixo (“\_md04”, por exemplo) ao nome definido no código *DARQ*.

## 8.9 Arquivo de Sinal Externo

### Ficha descritiva: SINARQ



<b>Número ULOG</b>	#11
<b>Tipo no DARQ</b>	SINARQ
<b>Extensão</b>	.plt, .ext
<b>Nome automático</b>	Sim

**Arquivo de entrada** para importação de sinais externos por controles CDU

O arquivo de sinal externo é um arquivo de texto formatado, **idêntico ao arquivo de saída de plotagem**.

O objetivo deste arquivo está em inserir ao Anatem, sinais obtidos de maneira externa, como medições de campo para teste de desempenho de controladores.

Para a utilização de um arquivo de sinal externo, o usuário deverá declarar sua utilização por meio dos comandos *DARQ* (tipo *SINARQ*) ou *ULOG* (UL #11) e então criar locais remotos por meio do comando *DLOC* (tipo *SINARQ*) que aquisitarão deste arquivo os sinais desejados.

Atualmente, é permitido ao usuário o uso de apenas um arquivo com sinais externos.

O Código abaixo ilustra o processo de declaração do arquivo e as declarações dos locais remotos:

Listagem 8.6: Declarações *DARQ*, *ULOG* e *DLOC* para arquivo de sinal externo

```

1  DARQ
2  (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
3  SINARQ      1a.plt
4  999999
5  ( Declaração Alternativa (obsoleta)
6  ULOG
7  11
8  1a.plt
9  ( Locais remotos de medição
10 DLOC
11 (Lc) (Tipo)( El )( Pa)Nc( Ex)Gr(BI)
12 01  SINARQ      2          ( SINAL Vt  )
13 02  SINARQ      4          ( SINAL Eq  )
14 03  SINARQ     19          ( SINAL Qe  )
15 04  SINARQ      7          ( SINAL Efd )
16 (
17 999999

```

Para a construção deste arquivo, o usuário deverá estar atento a algumas regras:

- Na primeira linha do arquivo, deve conter o número total ( $n$ ) de sinais (em destaque).
- Nas  $n + 1$  linhas seguintes, deverão ser informadas as *labels* dos sinais, sendo a primeira a *label* do eixo do tempo.
- Nas linhas seguintes, deverão ser informados os valores de cada sinal, na ordem em que as *labels* foram apresentadas.

- Para dado instante no tempo, os valores devem ser informados em formato de coluna fixa, com tamanho 12, separados por **um** espaçamento em branco.
- Ao fim do último sinal para um dado instante de tempo, é necessário quebrar a linha.
- A primeira coluna, em cada linha, deverá ser um espaço em branco.

```

ANATEM - [C:\Cepef\Anatem\v11_5_99dev\EXEMPLOS\25_SINARQ\1A.PLT]
Arquivo Editar Exibir Simulação Ferramentas Janela Ajuda
2A.STB angra1.cdu dloc.dat 1A.PLT
00001 25
00002 Tempo - segundos
00003 CDU 100 1 VREF RT_ANGRA1
00004 CDU 100 2 VT RT_ANGRA1
00005 CDU 100 3 X3 RT_ANGRA1
00006 CDU 100 4 EQ RT_ANGRA1
00007 CDU 100 5 X5 RT_ANGRA1
00008 CDU 100 6 X6 RT_ANGRA1
00009 CDU 100 7 EFD RT_ANGRA1
00010 CDU 100 9 SE RT_ANGRA1
00011 CDU 100 10 X10 RT_ANGRA1
00012 CDU 100 11 X11 RT_ANGRA1
00013 CDU 100 12 X12 RT_ANGRA1
00014 CDU 100 13 X13 RT_ANGRA1
00015 CDU 100 14 X14 RT_ANGRA1
00016 CDU 100 15 X15 RT_ANGRA1
00017 CDU 100 16 ZERO RT_ANGRA1
00018 CDU 100 17 X17 RT_ANGRA1
00019 CDU 100 18 SE0 RT_ANGRA1
00020 CDU 100 19 X19 RT_ANGRA1
00021 CDU 100 20 QE RT_ANGRA1
00022 CDU 100 21 QE0 RT_ANGRA1
00023 CDU 100 22 X22 RT_ANGRA1
00024 CDU 100 23 X23 RT_ANGRA1
00025 CDU 100 24 X24 RT_ANGRA1
00026 CDU 100 25 X25 RT_ANGRA1
00027 0.000000E+00 0.101441E+01 0.101000E+01 0.441220E-02 0.176488E+01 0.176488E+01
00028 0.176488E+01 0.176488E+01 0.123170E+00 0.105893E+00 0.000000E+00 -.515120E+00
00029 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.123170E+00
00030 -.800000E+00 0.191571E+00 0.191571E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
00031 -.800000E+00
00032 0.100000E-02 0.101441E+01 0.101000E+01 0.441220E-02 0.176488E+01 0.176488E+01
00033 0.176488E+01 0.176488E+01 0.123170E+00 0.105893E+00 0.000000E+00 -.515120E+00
00034 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.123170E+00
00035 -.800000E+00 0.191571E+00 0.191571E+00 0.000000E+00 0.000000E+00 0.000000E+00
00036 -.800000E+00
Ln 1, Col 6

```

Fig. 8.8: Exemplo de arquivo SINARQ

**Dica:** O usuário pode importar qualquer sinal para o programa Plot ao criar um arquivo no formato apresentado!

## 8.10 Arquivo de Resultado de Análise de Multi-Infeed

Ficha descritiva: MIIF



Número ULOG	-
Tipo no DARQ	MIIF
Extensão	.csv
Nome automático	Sim

Arquivo de saída de relatório para análise de Multi-Infeed

O arquivo de resultado de análise de Multi-Infeed é um arquivo texto, em formato csv (comma-separated values), cujo objetivo está em apresentar de maneira mais orgânica os resultados para este tipo de análise.

O arquivo é gerado apenas quando a análise de Multi-Infeed é requerida pelo usuário, através do código *EAMI* e o arquivo deve ser declarado através de declaração do tipo *MIIF* no código *DARQ*.

O mesmo relatório da análise também é escrito no arquivo de relatório do *Anatem*.

As Figuras a seguir ilustram as definições necessárias para análise de Multi-Infeed e o arquivo de resultado de análise de Multi-Infeed:

Listagem 8.7: Declaração de arquivo de saída MIIF para análise de Multi-Infeed

```

1  DARQ
2  (Tipo) (C) ( Arquivo
3  OUT      teste_miif.out
4  LOG      teste_miif.log
5  PLT      exemplo.plt
6  SAV      21  FEV2016.sav
7  MIIF     MIIF.csv
8  999999

```

**Dica:** O usuário pode realizar a Análise de Multi-Infeed em diversos instantes da simulação. Observe que o Anatem reescreverá o arquivo de saída caso o nome do mesmo não seja alterado por nova declaração *DARQ*.

**Atenção:** Alguns programas visualizadores de arquivos CSV, como o Microsoft Excel, colocam o arquivo em “modo de leitura” enquanto estiver aberto. O Anatem encontrará um erro caso o arquivo MIIF a ser gerado esteja em “modo de leitura”.

DADOS DE BARRAS CA PARA CÁLCULO DE ÍNDICES DA ANÁLISE DE MULTI INFEED							
<b>MULTI INFEED INTERACTION FACTOR</b>							
Nome da Barra	IBIUNA-SP345	C.PVEL-RO230	ARARQ2-SP500				
IBIUNA-SP345	1,0000	0,0042	0,2766				
C.PVEL-RO230	0,0620	1,0000	0,0778				
ARARQ2-SP500	0,3156	0,0003	1,0000				
<b>POTENCIAL DE INTERAÇÃO</b>							
Nome da Barra	IBIUNA-SP345	C.PVEL-RO230	ARARQ2-SP500				
IBIUNA-SP345	1,0000	0,0003	0,0900				
C.PVEL-RO230	0,8737	1,0000	0,3566				
ARARQ2-SP500	0,9704	0,0001	1,0000				
<b>MULTI INFEED - ÍNDICES CALCULADOS</b>							
Nome da Barra	Pdc[MW]	Scc[MVA]	SCR	MSCR	MISCR	Reator[MVar]	
IBIUNA-SP345	5298,45	20884,38	3,9416	3,6678	3,7294	-153,0427	
C.PVEL-RO230	375,82	2923,90	7,7801	7,7302	4,1770	-25,696	
ARARQ2-SP500	1723,05	18154,06	10,5360	6,5302	5,5012	-152,0557	

Fig. 8.9: Tabela CSV gerada pela Análise de Multi-Infeed

## 8.11 Arquivo *Snapshot*

### Ficha descritiva: Snapshot



<b>Número ULOG</b>	#10
<b>Tipo no DARQ</b>	SNP
<b>Extensão</b>	.snp
<b>Nome automático</b>	Sim

Arquivo de entrada e saída para gravação/leitura de arquivo *snapshot*

O arquivo *snapshot* (#UL10) é um arquivo binário cujo objetivo reside em guardar um instante de tempo da simulação do Anatem para futuro retorno. Frequentemente usado em programas de transitório eletromagnético, o arquivo *snapshot* costuma ser utilizado para que seja armazenado um ponto de operação inicializado. Como o Anatem já tem os seus modelos inicializados desde o instante inicial, este recurso acaba passando despercebido.

Em algumas aplicações, como a região de segurança dinâmica realizada pelo Anarede e Anatem, o uso do *snapshot* reduz significativamente o processamento computacional, uma vez que a leitura e inicialização dos modelos é realizada uma única vez e é compartilhada em diversos casos simulados. A partir da leitura de um arquivo *snapshot*, poucos comandos podem ser dados; não sendo permitido, portanto, novas declarações de modelos dinâmicos.

Os comandos permitidos após o reestabelecimento de *snapshot* são:

#### **DCTE**

Dados de Constantes

#### **DOPC**

Dados de Opções de Execução

#### **DPLT**

Dados de Plotagem de curvas

#### **DSIM**

Dados de Parâmetros de Simulação

#### **EXSI**

Executa Simulação

#### **EAMI**

Executa Análise de Multi-Infeed

#### **RELA**

Impressão de Relatórios

O arquivo *snapshot* é declarado através do comando ULOG 10, ou então por declaração do tipo SNP no código *DARQ*. Em seguida, é necessário utilizar os comandos SNAP GRAV para criar ou reescrever o arquivo naquele ponto da simulação ou então SNAP REST para reestabelecer o ponto da simulação.

**Dica:** O recurso *snapshot* é recomendado para quando o usuário deseja realizar diversos eventos para um mesmo caso de fluxo de potência e modelos dinâmicos.

## 8.12 Arquivo de *Cache* do recurso DLCA

### Ficha descritiva: DLCA



Número ULOG	.
Tipo no DARQ	DLCA
Extensão	.dlca
Nome automático	Sim (cache.dlca)

**Arquivo de entrada e saída** para armazenamento dos blocos de CDU com problema de convergência

O arquivo de *cache* de DLCA é um arquivo que tem como função melhorar o processo de convergência do programa ao adicionar, desde o início da simulação, um bloco *DELAY*, a partir verificação de problemas em blocos específicos em simulações passadas. Para usar este recurso, basta definir o arquivo *DLCA* no código *DARQ* que o recurso se ativará. O conteúdo do arquivo é idêntico ao relatório apresentado pelo algoritmo *DLCA* ao final da simulação.

Diferentemente do usual, o nome automático do *Arquivo de Cache do recurso DLCA* é sempre *cache.dlca*, com caminho relativo ao arquivo principal. Isto se dá uma vez que é de interesse do usuário que um mesmo arquivo de *DLCA* seja compartilhado entre diferentes casos, para homogeneizar os modelos dinâmicos da simulação e para conferir ganho global de desempenho.

Quando a opção *DLCA* está ativa, este arquivo é gerado ao final de uma simulação, listando todos os blocos desligados (previamente ou nesta simulação). Quando a opção *DLCA* não está ativa, **mas** o arquivo *DLCA* está definido no caso, então é aplicado o *DELAY* em cada bloco listado, mas a simulação abortará caso exista algum problema de convergência em modelo CDU.

**Atenção:** Para que seja efetivo, o arquivo de cache DLCA precisa ser informado ANTES da definição dos CDUs (*DCDU*). A aplicação do *DELAY* é feita na leitura do controle.

**Nota:** O recurso de cache de DLCA tem o mesmo efeito prático de adicionar manualmente um *DELAY* no controlador original, alterando o comportamento dinâmico do equipamento desde o instante inicial.

**Aviso:** Simulações de múltiplos casos com associação de arquivo de cache de mesmo nome e executados a partir de um mesmo diretório considerarão um arquivo de cache unificado.

**Dica:** A utilização de um cache em comum permite a uniformidade nos modelos dinâmicos em diferentes simulações, quando em algumas o *DLCA* é necessário. Sem este recurso, simulações diferentes podem implicar em modelos diferentes (alguns *DELAYS* poderiam ser inseridos em uns casos, mas não em outros).

**Dica:** Com um arquivo de cache preenchido, a opção *DLCA* pode ser desabilitada que mesmo assim os *DELAYS* serão inseridos. Isso pode trazer muitos ganhos caso o método de NEWT precise ser utilizado automaticamente ou caso haja muitas curvas a serem plotadas (*DPLT* e *PLTCDU*).

**Dica:** Para uma melhor uniformidade da resposta, sempre execute novamente a simulação quando algum novo bloco for adicionado ao cache do *DLCA*. O Anatem sempre informa no relatório compulsório do *DLCA* quando um bloco foi adicionado ao arquivo de cache.

Listagem 8.8: Exemplo de uso do *cache* do DLCA

```

DARQ
( |-----|
  ↳-----|
( | ARQUIVOS EM USO - DESCOMENTADOS                                     ↳
  ↳ |
( | ARQUIVOS SEM USO - COMENTADOS                                       ↳
  ↳ |
( |-----|
  ↳-----|
(
( ARQUIVOS DE SÁIDA DA SIMULAÇÃO
(Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
OUT
LOG
PLT
DLCA
(
( ARQUIVO HISTÓRICO/REGISTRO DO CASO DE FLUXO DE POTÊNCIA
SAV  01 PEL MAR19.SAV
(
( ARQUIVOS DE MODELOS
BLT      .\BDados\BD 0319.BLT
CDU      .\BDados\BD 0319R1.CDU
(
( ARQUIVOS DE ENTRADA DE DADOS
DAT      .\BDados\DMAQ PEL 0319.DAT
DAT      .\BDados\FACTS 0319.DAT
DAT      .\BDados\HVDC 0319.DAT
DAT      .\BDados\EOLICAS\EOL SUL 0319.dat
DAT      .\BDados\EOLICAS\EOL NE 0319.dat
DAT      .\BDados\Fotovoltaicas\UFV SIN 0319.dat
999999

```

Listagem 8.9: Relatório de *cache* do DLCA

```

X-----X
| RELATÓRIO DE INSERÇÃO DE BLOCO DELAY |
| (DLCA) |
| Controlador Bloco |
| CDU Nome do CDU Bloco Variável |
X-----X-----X-----X-----X
  91516 CDU91516 575 ETI2
  91516 CDU91516 572 ETR2
  90513 CDU90513 575 ETI2
  90534 CDU90534 575 ETI2
  91257 CDU91257 575 ETI2
  91541 CDU91541 575 ETI2

```

### 8.13 Definição Automática de Arquivos

Com o objetivo de auxiliar a organização do trabalho do usuário, arquivos de saída (e o arquivo histórico de entrada) podem ser inferidos automaticamente pelo programa Anatem. Para tanto, basta declarar apenas a intenção de se obtê-los. Quando assim for feito, os arquivos possuirão o mesmo nome do arquivo principal (.stb), mas com as extensões apropriadas. Os arquivos podem ser gerados tanto no mesmo nível do arquivo principal quanto em outra pasta (previamente criada). O exemplo a seguir ilustra a utilização deste recurso:

Listagem 8.10: Exemplo ilustrativo do preenchimento de arquivos com nome automático

```

1 DARQ
2 (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
3 ( Arquivos gerados no mesmo nível do STB
4 MIIF
5 RELE
6 SNP
7 ( Arquivos gerados em uma pasta diferente do STB
8 OUT .\OUT\
9 LOG .\LOG\
10 PLT .\PLT\
11 999999

```

Supondo que o arquivo em que está contido este comando *DARQ* se chame EXEMPLO.STB, os arquivos gerados na simulação serão os seguintes:

### 8.14 Arquivo de Resultado de Inércia Síncrona

Ficha descritiva: RINE



Número ULOG	-
Tipo no DARQ	RINE
Extensão	.csv
Nome automático	Sim

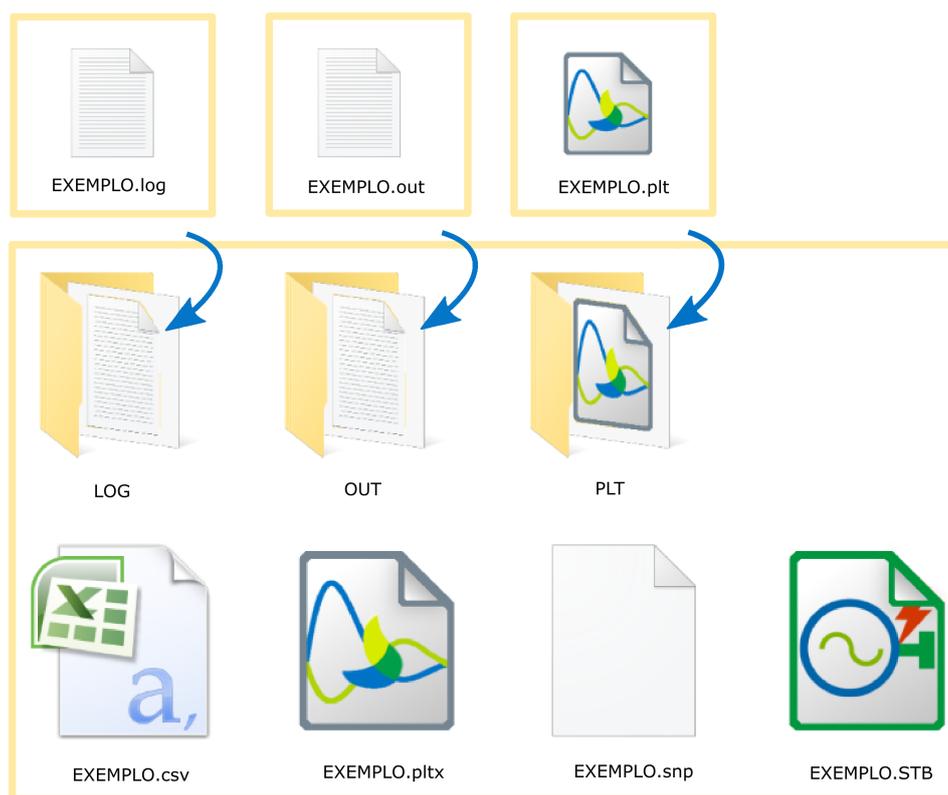


Fig. 8.10: Configuração esperada de arquivos para o preenchimento proposto no exemplo

**Arquivo de saída** de relatório para cálculo de inércia, despacho e capacidade de máquinas síncronas agrupadas via código *AGMQ*.

O arquivo de resultado de inércia agrupada é um arquivo texto, em formato csv (comma-separated values), cujo objetivo está em apresentar de maneira mais orgânica os resultados para este tipo de análise.

O arquivo é gerado apenas quando o relatório de inércia é solicitado pelo usuário via opção *RINE* junto ao código *RELA*. Para que os resultados sejam exportados em arquivo csv, deve-se solicitar a geração do arquivo de tipo *RINE* via código *DARQ*, conforme o exemplo a seguir.

Listagem 8.11: Declaração de arquivo de saída RINE para cálculo de inércia síncrona, despacho e capacidade

```

1  DARQ
2  (Tipo) (C) ( Arquivo
3  OUT
4  LOG
5  PLT
6  SAV      21  FEV2016.sav
7  RINE     RINE.csv
8  999999
    
```

As definições necessárias para cálculo de inércia agrupada devem ser realizadas por meio do código *AGMQ*. O arquivo de resultado desta análise é ilustrado a seguir:

O mesmo relatório da análise também é escrito no arquivo de relatório do *Anatem*, conforme a seguir:

**Dica:** O usuário pode realizar o cálculo da inércia síncrona em diversos instantes da simulação. Observe que o Anatem reescreverá o arquivo de saída caso o nome do mesmo não seja alterado por nova declaração de arquivo

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1 RELATÓRIO COMPACTO DE INÉRCIA SÍNCRONA AGRUPADA											
2	Número do Gr	Nome do Grupo	Capacidade [MVA]	Inércia [s]	Inércia [MVA.s]	Despacho [MW]	Despacho [MVA]				
3	10	INERCIA_SIN	98998,926	933,886	393913,1365	58503,3807	58754,8878				
4	20	INERCIA_5658_5659	870	6,92	3010,2	721,589	722,9715				
5	30	INERCIA_ILHA_10	86525,036	914,846	353002,5355	48185,6825	48584,0175				
7 RELATÓRIO DETALHADO DE INÉRCIA SÍNCRONA AGRUPADA E POR USINA											
8	Grupo AGMQ	Nome do Grupo AGM	Número da Barra	Nome da Barra	Grupo de Máqui	Unidades	Capacidade [MV	Inércia [s]	Inércia [MVA.s]	Despacho [MW]	Despacho [MVA]
9	10	INERCIA_SIN		10 ANGRA1UNE	10	1	760	3,859	2932,84	624,4545	624,7175
10	10	INERCIA_SIN		11 ANGRA2UNE	10	1	1458	4,51	6575,58	1227,6797	1228,7271
11	10	INERCIA_SIN		12 LCBARRUHE	10	2	368	4,3	1582,4	245,7553	246,5992
12	10	INERCIA_SIN		14 FUNILIUHE	10	2	148	3,491	516,668	88,2328	88,4461
13	10	INERCIA_SIN		16 FURNASUHE	10	2	320	5	1600	225,8699	235,9652
14	10	INERCIA_SIN		17 FURNASSIN	10	5	800	5	4000	0,0571	472,5721
15	10	INERCIA_SIN		18 ITUMBIUHE	10	5	1825	4,31	7865,75	1261,3964	1328,6288
16	10	INERCIA_SIN		20 MARIMBUHE	10	3	570	4,3	2451	258,444	309,8318
17	10	INERCIA_SIN		21 MANSO-UHE	10	3	166,5	2,7	449,55	100,6557	104,9341
18	10	INERCIA_SIN		22 M.MORAUHE	10	2	104	2,482	258,128	92,8559	93,0485
19	10	INERCIA_SIN		24 M.MORBUHE	10	2	100	2,2	220	59,802	65,5616
20	10	INERCIA_SIN		28 PCOLOMUHE	10	2	164	3,115	510,86	80,695	83,3513
21	10	INERCIA_SIN		32 SCRUI6UTE	10	1	235	5,435	1277,225	158,6539	158,6605
22	10	INERCIA_SIN		35 CORUMBUHE	10	1	139	3,33	462,87	78,474	86,7177
23	10	INERCIA_SIN		36 S.MESAUHE	10	1	472,6	5	2363	272,7548	285,9645
24	10	INERCIA_SIN		37 S.MESASIN	10	2	945,2	5	4726	-1,0963	153,094
25	10	INERCIA_SIN		38 GRAJA2SIN	10	1	200	1,6	320	-0,1941	74,0021
26	10	INERCIA_SIN		47 VITOR1SIN001	10	1	60	1,27	76,2	0,002	3,2626
27	10	INERCIA_SIN		41 VITOR2SIN	10	1	60	1,27	76,2	0,0022	1,8961
28	10	INERCIA_SIN		48 IBIUNASIN	10	4	1200	1,6	1920	0,0114	48,5631
29	10	INERCIA_SIN		50 TPRETOSIN	10	1	300	1,6	480	0,0085	62,1481
30	10	INERCIA_SIN		9446 BATALHUHE	10	2	58,34	2,45	142,933	26,0291	26,8866

Fig. 8.11: Tabela CSV de resultados de inércia agrupada, despacho e capacidade de máquinas síncronas

```

X-----X
|
|          RELATÓRIO COMPACTO DE INÉRCIA SÍNCRONA AGRUPADA
|
| Grupo de Inércia | Capacidade | Inércia | Despacho
| Número  Nome do Grupo | [MVA] | [s] | [MVA.s] | [MW] | [MVA]
|-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X
|
| 10 INERCIA_SIN      | 98998.93 | 933.89 | 393913.14 | 58503.38 | 58754.89
| 20 INERCIA_5658_5659 | 870.00  | 6.92  | 3010.20  | 721.59  | 722.97
| 30 INERCIA_ILHA_10  | 86525.04 | 914.85 | 353002.54 | 48185.68 | 48584.02
|
X-----X

X-----X
|
|          RELATÓRIO DETALHADO DE INÉRCIA SÍNCRONA AGRUPADA E POR USINA
|
| Grupo de Inércia | Capacidade | Inércia | Despacho | Máquinas Síncronas
| Número  Nome do Grupo | [MVA] | [s] | [MVA.s] | [MW] | [MVA] | Número Nome Barra Gp Un
|-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X
|
| 10 INERCIA_SIN      | 98998.93 | 933.89 | 393913.14 | 58503.38 | 58754.89 |
| 760.00 | 3.86 | 2932.84 | 624.45 | 624.72 | 10 ANGRA1UNE | 10 1
| 1458.00 | 4.51 | 6575.58 | 1227.68 | 1228.73 | 11 ANGRA2UNE | 10 1
| 368.00 | 4.30 | 1582.40 | 245.76 | 246.60 | 12 LCBARRUHE | 10 2
| 148.00 | 3.49 | 516.67 | 88.23 | 88.45 | 14 FUNILIUHE | 10 2
| 320.00 | 5.00 | 1600.00 | 225.87 | 235.97 | 16 FURNASUHE | 10 2
| 800.00 | 5.00 | 4000.00 | 0.06 | 472.57 | 17 FURNASSIN | 10 5
| 1825.00 | 4.31 | 7865.75 | 1261.40 | 1328.63 | 18 ITUMBIUHE | 10 5
| 570.00 | 4.30 | 2451.00 | 258.44 | 309.83 | 20 MARIMBUHE | 10 3
| 166.50 | 2.70 | 449.55 | 100.66 | 104.93 | 21 MANSO-UHE | 10 3
| 104.00 | 2.48 | 258.13 | 92.86 | 93.05 | 22 M.MORAUHE | 10 2
| 100.00 | 2.20 | 220.00 | 59.80 | 65.56 | 24 M.MORBUHE | 10 2
| 164.00 | 3.12 | 510.86 | 80.69 | 83.35 | 28 PCOLOMUHE | 10 2
| 235.00 | 5.43 | 1277.22 | 158.65 | 158.66 | 32 SCRUI6UTE | 10 1
| 139.00 | 3.33 | 462.87 | 78.47 | 86.72 | 35 CORUMBUHE | 10 1
| 472.60 | 5.00 | 2363.00 | 272.75 | 285.96 | 36 S.MESAUHE | 10 1
| 945.20 | 5.00 | 4726.00 | -1.10 | 153.09 | 37 S.MESASIN | 10 2
| 200.00 | 1.60 | 320.00 | -0.19 | 74.00 | 38 GRAJA2SIN | 10 1
| 60.00 | 1.27 | 76.20 | 0.00 | 3.26 | 47 VITOR1SIN001 | 10 1
|
X-----X
    
```

Fig. 8.12: Relatório OUT com os resultados de inércia agrupada, despacho e capacidade de máquinas síncronas

do tipo *RINE* via código *DARQ*.

**Atenção:** Alguns programas visualizadores de arquivos CSV, como o Microsoft Excel, colocam o arquivo em “modo de leitura” enquanto estiver aberto. O Anatem encontrará um erro caso o arquivo RINE a ser gerado esteja em “modo de leitura”.

## 8.15 Arquivos USIHID do SUIISHI

### Ficha descritiva: SUIISHI



<b>Número ULOG</b>	-
<b>Tipo no DARQ</b>	SUIISHI
<b>Extensão</b>	.CSV
<b>Nome automático</b>	

**Pasta com os arquivos de entrada** do resultado da simulação hidrotérmica para usinas hidráulicas do SUIISHI.

Os arquivos “USIHID.csv” representam uma parte importante do Modelo SUIISHI, um software destinado à gestão e análise de operações em sistemas hidrotérmicos, essencial na cadeia de software energéticos para avaliação do Plano Mensal da Operação (PMO) entre outras funcionalidades. Cada arquivo USIHID é gerado para as usinas hidroelétricas individuais presentes na simulação do SUIISHI.

O arquivo **USIHID.csv** é usado para registrar e armazenar dados operacionais mensais das usinas hidroelétricas. Esses dados são fundamentais para análises estatísticas que avaliam a performance das usinas, contribuindo para a eficiência e eficácia das operações do sistema hidrotérmico.

Este arquivo é formatado em texto, com os dados separados por vírgulas, o que facilita a importação e manipulação em ferramentas como o Microsoft Excel. Cada linha do arquivo representa um registro único, com informações específicas sobre uma usina hidroelétrica em um determinado período.

O arquivo contém informações variadas, incluindo:

- **Identificação da Usina:** Número, ano, mês, série e patamar de carga.
- **Dados Operacionais:** Subsistema, status operacional, vazões (afluente média, turbinada média, vertida média).
- **Dados de Armazenamento e Geração:** Volume armazenado (em MWmês e % do Volume Útil), energia armazenada, altura média de queda líquida, geração líquida e bruta no mês.
- **Dados de Potência:** Potência disponível, cota média do canal de fuga, indicadores de remanso, cotas médias da usina.
- **Informações Adicionais:** Geração líquida e potência por patamar de carga, vazão turbinada por patamar, contribuição das usinas de montante, entre outros.

Para o Anatem, são utilizadas as informações pertinentes à identificação da série temporal (ano, mês, série e patamar), bem como os dados da altura de queda (em metros). As informações temporais (ano e mês) são utilizadas em conjunto com o dado informado no código *TIME* para identificação do período de análise, enquanto que os dados de identificação estocástica (série e patamar) são comparadas com as informações do código *DSTO*.

Os arquivos **USIHID** do SUIISHI são utilizados em conjunto com o código *DSTR*, especificamente na versão MD04. No código *DARQ*, é necessário informar a **pasta** onde esses arquivos estão localizados. A seguir, um exemplo de utilização deste recurso, assumindo que os arquivos estejam na pasta **suishi\_output**:

Listagem 8.12: Declaração de arquivo de entrada USIHID oriundos do SUIISHI

```
1 DARQ  
2 (Tipo) (C) ( Arquivo  
3 OUT      exemplo.out  
4 LOG      exemplo.log  
5 PLT      exemplo.plt  
6 SAV      2  exemplo.sav  
7 BLT      exemplo.bl  
8 SUIISHI  suishi_output/  
9 999999
```

**Atenção:** Diferente das outras associações do código *DARQ*, o tipo SUIISHI indica uma **pasta** e deve terminar com uma barra ou contra-barras, dependendo do sistema operacional.





Library with hanging bulbs - Janko Ferlic

Nesta seção são descritos os termos técnicos adotados ao longo do manual do programa Anatem.

- A subseção *Lista de Siglas e Abreviaturas* apresenta a descrição das siglas tradicionalmente empregadas na análise de estabilidade eletromecânica dos sistemas elétricos de potência, e as abreviaturas difundidas no setor elétrico.
- A subseção *Lista de Símbolos* descreve a simbologia padrão adotada no equacionamento dos modelos matemáticos dos equipamentos representados no Anatem.
- O genindex apresenta um compêndio de todos os termos definidos no programa.

## 9.1 Lista de Siglas e Abreviaturas

### **Cepel**

Centro de Pesquisas de Energia Elétrica

### **EPE**

Empresa de Pesquisa Energética

### **HVDC**

### **CCAT**

*High Voltage Direct Current* ou Corrente Contínua em Alta Tensão

### **LCC**

*Line Commutated Converter*

### **ONS**

Operador Nacional do Sistema

### **SIN**

Sistema Interligado Nacional

**VSI**

*Voltage Source Inverter*

## 9.2 Lista de Símbolos

$V_i$	Módulo do fasor de tensão na barra $i$
$I_{ij}$	Módulo do fasor de corrente do circuito entre as barras $i$ e $j$
$L'_d$	Indutância transitória de eixo direto
$L'_q$	Indutância transitória de eixo em quadratura
$L''_d$	Indutância subtransitória de eixo direto
$L''_q$	Indutância subtransitória de eixo em quadratura

**Parte III**

**Equipamentos Básicos**





Eletrobras Furnas – Subestação Adrianópolis

**Atenção:** Barras CA devem ser definidas no caso de fluxo de potência e são informadas ao programa por meio do arquivo histórico.

As barras são o elemento estrutural mais básico do caso de fluxo de potência. A partir de sua identificação (número), grande parte dos equipamentos são adicionados no Anatem. Estes elementos podem ser sofrer a ação de curtos-circuitos, em qualquer instante de tempo da simulação, por meio do código *DEVT*. Também podem ter seus valores de carga e geração alterados por relés, *CDU*'s ou eventos.

## 10.1 Eventos em Barras CA

Os seguintes eventos podem ser aplicados em Barra CA (código *DEVT*):

### 10.1.1 Eventos de Curto-Circuito

#### APCB

Aplicação de curto-circuito franco (trifásico) ou com impedância em barra CA (opcional). O curto-circuito permanece ativo enquanto não for eliminado por meio do evento de remoção de curto-circuito RMCB.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
<b>Rc</b>	Resistência da impedância de curto-circuito na rede CA, em % ( <i>default</i> = 0)
<b>Xc</b>	Reatância da impedância de curto-circuito na rede CA, em % ( <i>default</i> = 0)

**Dica:** Para a simulação de curto-circuito fase-terra, o valor da impedância de curto-circuito deverá corresponder à soma das impedâncias equivalentes de sequência negativa e zero do sistema visto do ponto de

falta.

**Dica:** O evento APCC simula de maneira aproximada o comportamento esperado de um curto-circuito fase-terra, não requerendo a informação da impedância de curto-circuito.

### APCC

Afundamento de tensão (simulação de curto-circuito monofásico) em barra CA. Neste evento calcula-se a impedância de falta necessária para levar ao afundamento de tensão desejado, sendo que o valor de afundamento obtido sofre pequenas variações devido às injeções de corrente representadas por fora da matriz de admitância de barra.

O curto-circuito permanece ativo enquanto não for eliminado por meio do evento de remoção de curto-circuito RMCB. É permitido também dividir a aplicação do curto-circuito em estágios, caso o sistema apresente problemas de convergência em uma única etapa.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
<i>%</i>	Percentual de afundamento da tensão na barra CA em relação a tensão pré-falta (relativa ao valor do step anterior a aplicação do evento)
<i>Abs</i>	Tensão-objetivo para o afundamento de tensão na barra CA em curto-circuito ( <i>default</i> = 0.65)
<i>Un</i>	Número de estágios para a aplicação da impedância de falta ( <i>default</i> = 1)

**Dica:** É permitido utilizar uma tensão-objetivo superior à tensão no momento do evento

### RMCB

Remoção de curto-circuito em barra CA. Este evento remove curto-circuito provocado pelos códigos APCB e APCC.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
-----------	--

## 10.1.2 Alteração de Estado Operativo

### DBCA

Desliga barra CA e todos os equipamentos conectados.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
-----------	--

### LBCA

Liga barra CA com todos os elementos passivos previamente ligados. Equipamentos que possuem modelo dinâmicos não são religados durante esse processo. Os circuitos são religados conforme seu estado operativo prévio ao desligamento da barra.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
-----------	--

### Ver também:

Consulte *Eventos em Cargas* e *Eventos em Shunt* para mais eventos.

## 10.2 Plotagem de Barras CA

A régua para a plotagem de variáveis relativas à barra CA requer o preenchimento do seguinte campo:

El	Número de identificação da barra CA
----	-------------------------------------

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas à barra CA:

### VOLT

Módulo da tensão da barra, em pu.

### ANGL

Ângulo da tensão da barra, em graus.

### ACMS

Ângulo do centro de massa da ilha elétrica à qual a barra pertence, em graus.

### FCMS

Frequência angular média da ilha elétrica à qual a barra pertence, em Hz.

### FREQ

Frequência da barra, em Hz.

### PGER

Potência ativa total gerada na barra CA, em MW.

### QGER

Potência reativa total gerada na barra CA, em Mvar.

### Ver também:

Consulte *Plotagem de Cargas* e *Plotagem de Shunt* para mais variáveis de plotagem.

---

**Dica:** Exemplo de solicitação de variáveis de barra CA via código *DPLT*

Listagem 10.1: Exemplo da aplicação do código DPLT com variáveis de barra CA

```

1 (=====
2 ( DADOS DAS VARIÁVEIS DE SAIDA PARA PLOTAGEM
3 (=====
4 DPLT
5 (
6 ( Variáveis da barra 1
7 (Tipo)M( El ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
8 VOLT      1
9 ANGL      1
10 ACMS      1
11 FCMS      1
12 FREQ      1
13 ( Variáveis de barras com geração do caso histórico:
14 PGER      1
15 QGER      1
16 (
17 999999

```

## 10.3 Variáveis CDU de Barras CA

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados a certos equipamentos ou por locais remotos de medição (*BARRAC* no código *DLOC*):

### ANGL

*IMPORT DEFVAL*

Ângulo da tensão da barra, em radianos.

### FREQ

*IMPORT DEFVAL*

Frequência da barra, em pu.

### VOLT

*IMPORT DEFVAL*

Módulo da tensão da barra, em pu.

### VOLTR

*IMPORT DEFVAL*

Componente real da tensão da barra, em pu.

### VOLTI

*IMPORT DEFVAL*

Componente imaginária da tensão da barra, em pu.

### SCC

*IMPORT DEFVAL*

Potência de curto-circuito trifásica da barra, em MVA.

### STBUS

*IMPORT DEFVAL*

Estado operativo de barra CA, podendo assumir os seguintes estados:

- 0 - barra desligada;
- 1 - barra ligada em operação normal;
- 2 - barra em curto-circuito por meio do evento *APCB*, *APCC*, ou *MDSH*.

---

**Nota:** O evento *MDSH* só habilitará o estado STBUS = 2 se o valor do *shunt* adicionado à barra CA for negativo e fornecido por meio do campo *ABS*.

---

### 10.3.1 Local Remoto de Barras CA

O tipo *BARRAC* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

EI	Número de identificação da barra CA
----	-------------------------------------

#### Ver também:

Consulte *Variáveis CDU de Cargas* e *Variáveis CDU de Shunt* para mais variáveis de CDU.

## 10.4 Códigos Relacionados

Carga Estática: *DCAR*

Carga Dinâmica: *DLDN*

Geração Dinâmica: *DMAQ DFNT*

Geração Estática: *DGER*

Dados Complementares: *DREL*

Outros: *DCEN DEVT DLOC DPLT*





**Atenção:** O montante e localização das cargas devem ser definidos no caso de fluxo de potência e são informados ao programa por meio do arquivo histórico.

As cargas importadas pelo Anatem do arquivo de fluxo de potência podem ser definidas como estáticas ou dinâmicas. Cargas estáticas são aquelas em que o valor da carga é determinado em função da tensão da barra a que está associada. Cargas dinâmicas são aquelas que apresentam equacionamento particular, modeladas por *CDU*.

É possível de se definir de maneira individual o comportamento de parte da parcela de carga ativa e parte da parcela de carga reativa.

**Atenção:** Cargas estáticas são consideradas atributos de Barra CA; para maiores informações, ver *Barras CA*.

**Dica:** O modelo Z constante é mais favorável para a simulação de transitórios eletromecânicos. Considere utilizá-lo em situações em que o sistema apresenta problemas de convergência.

## 11.1 Carga Estática

O comportamento das cargas estáticas é descrito pelas seguintes equações:

$$\text{Carga ativa} = \begin{cases} \left[ (100 - A - B) + A \left( \frac{V}{V_0} \right) + B \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right] \cdot \frac{P}{100} & \text{se } V \geq V_{mn} \\ \left[ (100 - A - B) \left( \frac{V}{V_{mn}} \right)^2 + A \left( \frac{V}{V_0} \right) \left( \frac{V}{V_{mn}} \right) + B \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right] \cdot \frac{P}{100} & \text{se } V < V_{mn} \end{cases}$$

$$\text{Carga reativa} = \begin{cases} \left[ (100 - C - D) + C \left( \frac{V}{V_0} \right) + D \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right] \cdot \frac{Q}{100} & \text{se } V \geq V_{mn} \\ \left[ (100 - C - D) \left( \frac{V}{V_{mn}} \right)^2 + C \left( \frac{V}{V_0} \right) \left( \frac{V}{V_{mn}} \right) + D \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right] \cdot \frac{Q}{100} & \text{se } V < V_{mn} \end{cases}$$

sendo:

$A, B$  e  $C, D$  são parâmetros que definem as parcelas de carga representadas por corrente e impedância constantes, respectivamente.

$P$  e  $Q$  são as potências ativa e reativa da carga para a tensão  $V_0$ .

$V_0$  tensão inicial da barra, convergida pelo fluxo de potência

$V_{mn}$  tensão abaixo da qual a carga passa a ser modelada como impedância constante

No instante inicial ( $t = 0$ ), as cargas definidas no programa de fluxo de potência são automaticamente convertidas para impedância constante ( $A = C = 0$  e  $B = D = 100$ ). O modelo de carga (parâmetros  $A, B, C, D$  e  $V_{mn}$ ) pode posteriormente ser alterado em qualquer instante de tempo da simulação através do código *DCAR*. Deve-se observar que se a mudança dos parâmetros for feita com tensão na carga diferente de  $V_0$  ocorrerá uma descontinuidade de potência.

Mudanças no valor da carga ( $P$  e  $Q$ ) podem ser feitas pelo usuário através do código *DEVT* ou automaticamente por relés de subfrequência e subtensão (código *DREL*), por esquema regional de alívio de carga (código *DERA*) ou por modificação automática de cenário de carga/geração (código *DCEN*).

## 11.2 Carga Dinâmica

O programa permite que uma parcela de carga da barra seja separada e associada a um controle que simule uma dinâmica.

Por meio do código *DLDN*, o usuário pode modelar uma parcela da carga estática da barra CA ( carga esta definida no programa de fluxo de potência ) por um controle que descreva uma dinâmica (por meio de *CDU* definido em código *DCDU*). Isto pode ser feito tanto para a parte ativa como para a parte reativa da carga. A carga estática ficará então reduzida durante a simulação à parcela não modelada dinamicamente.

Em uma mesma barra CA podem ser definidos diferentes grupos de carga dinâmica, cada um modelado de maneira diferente. Não é obrigatório que a barra tenha uma carga com valor de  $P$  e/ou  $Q$  não nulos inicialmente: pode-se associar o modelo a uma barra sem carga, a qual será alterada (“ligada”) durante a simulação.

A seguir um exemplo de carga dinâmica modelada por impedância constante, com parâmetro de ruído.

### Ver também:

Consulte a entrada *DLDN* para maiores informações acerca da carga dinâmica.

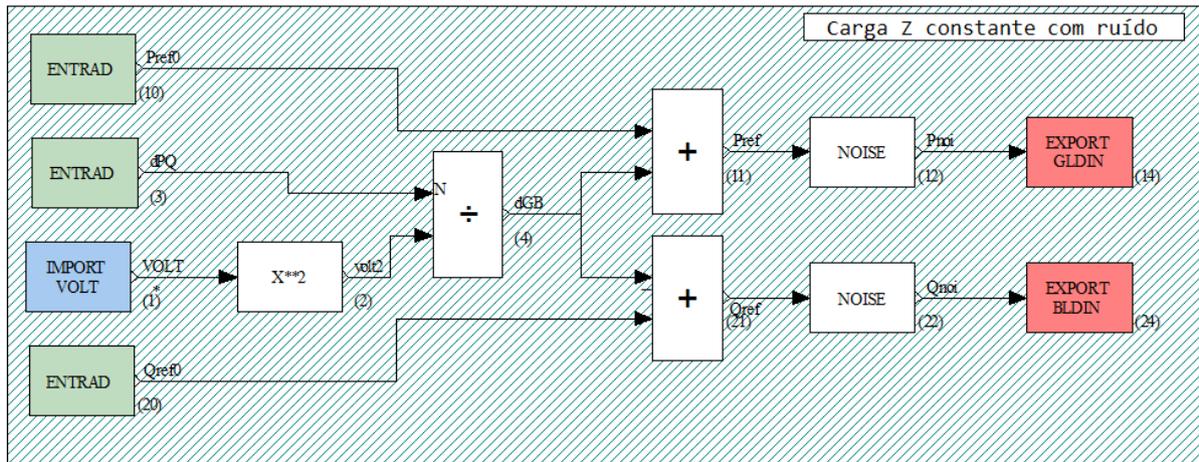


Fig. 11.1: Exemplo de carga dinâmica

## 11.3 Eventos em Cargas

Os seguintes eventos podem ser aplicados em Cargas (código *DEVT*):

### 11.3.1 Eventos de Carga Estática

#### MDLD

Modificação módulo da carga, mantendo o fator de potência. Este evento pode entrar em conflito com *CDU*'s que atuem sobre o controle de carga em barra (*STLDM*, *STLDP*, *STLDQ*). Ao menos um dos seguintes parâmetros precisa ser informado: *Abs* ou *%*.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
<i>%</i>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) do valor da carga a ser modificada
<i>Abs</i>	Variação absoluta da carga a ser modificada

#### MDLP

Modificação módulo da carga ativa. Este evento pode entrar em conflito com *CDU*'s que atuem sobre o controle de carga em barra (*STLDM*, *STLDP*). Ao menos um dos seguintes parâmetros precisa ser informado: *Abs* ou *%*.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
<i>%</i>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) do valor da carga a ser modificada
<i>Abs</i>	Variação absoluta da carga ativa a ser modificada

#### MDLQ

Modificação módulo da carga reativa. Este evento pode entrar em conflito com *CDU*'s que atuem sobre o controle de carga em barra (*STLDM*, *STLDQ*). Ao menos um dos seguintes parâmetros precisa ser informado: *Abs* ou *%*.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
<i>%</i>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) do valor da carga a ser modificada
<i>Abs</i>	Variação absoluta da carga reativa a ser modificada

## 11.3.2 Eventos de Carga Dinâmica

Não existem eventos implementados para carga dinâmica. Cargas dinâmicas são, normalmente, alteradas por meio de aplicação de evento *TCDU* em referência do controle *CDU* da carga.

## 11.4 Plotagem de Cargas

### 11.4.1 Plotagem de Carga Estática

A régua para a plotagem de variáveis relativas à carga estática requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA
-----------	-------------------------------------

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas à barra CA:

#### **PCAR**

Potência ativa da carga total na barra CA, em MW.

#### **QCAR**

Potência reativa da carga total na barra CA, em Mvar.

#### **SCAR**

Potência aparente da carga total na barra CA, em MVA.

#### **COSFI**

Fator de potência da carga total na barra CA.

### 11.4.2 Plotagem de Carga Dinâmica

A régua para a plotagem de variáveis relativas à carga dinâmica requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à barra CA

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas à barra CA:

#### **PLDIN**

Potência ativa do grupo de carga dinâmica na barra CA, em MW.

#### **QLDIN**

Potência reativa do grupo de carga dinâmica na barra CA, em Mvar.

**Dica:** Exemplo de solicitação de variáveis de carga dinâmica via código *DPLT*

Listagem 11.1: Exemplo da aplicação do código DPLT com variáveis de Carga Dinâmica

```

1 (=====
2 ( DADOS DAS VARIÁVEIS DE SAIDA PARA PLOTAGEM
3 (=====
4 DPLT
5 (
6 ( Variáveis de carga da barra 1
7 (Tipo)M( EI ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

8 PCAR      1
9 QCAR      1
10 SCAR     1
11 COSFI    1
12 ( Variáveis de carga dinâmica da barra 3, grupo 10
13 (Tipo)M( EL ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
14 PLDIN    3          10
15 QLDIN    3          10
16 (
17 999999

```

## 11.5 Variáveis CDU de Cargas

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados a certos equipamentos ou por locais remotos de medição (*BARRAC* para carga estática, *LDIN* para carga dinâmica no código *DLOC*):

### 11.5.1 Variáveis CDU de Cargas Estáticas

#### PCAR

*IMPORT DEFVAL*

Potência ativa total consumida pela carga na barra, em pu. Corresponde ao somatório da carga estática mais cargas dinâmicas.

#### QCAR

*IMPORT DEFVAL*

Potência reativa total absorvida pela carga na barra, em pu. Positiva para carga indutiva e negativa para carga capacitiva. Corresponde ao somatório da carga estática mais cargas dinâmicas.

#### STLDM

*IMPORT EXPORT*

Percentual de carga aparente ligada na barra em relação ao valor inicial do módulo da carga equivalente da barra.

#### STLDP

*IMPORT EXPORT*

Percentual de carga ativa ligada na barra em relação ao valor inicial da carga ativa equivalente da barra.

#### STLDQ

*IMPORT EXPORT*

Percentual de carga reativa ligada na barra em relação ao valor inicial da carga reativa equivalente da barra.

## 11.5.2 Variáveis CDU de Cargas Dinâmicas

### PLDIN

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Potência ativa consumida pelo grupo de carga dinâmica na barra, em pu.

### QLDIN

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Potência reativa absorvida pelo grupo de carga dinâmica na barra, em pu. Positiva para carga indutiva e negativa para carga capacitiva.

### IADIN

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Componente ativa da corrente drenada da barra pelo grupo de carga dinâmica, em pu.

### IRDIN

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Componente reativa da corrente drenada da barra pelo grupo de carga dinâmica, em pu. Positiva para carga indutiva e negativa para carga capacitiva.

### GLDIN

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Condutância correspondente à parcela ativa consumida pela carga dinâmica na barra, em pu.

### BLDIN

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Susceptância correspondente à parcela reativa absorvida pela carga dinâmica na barra, em pu. Positiva para carga capacitiva e negativa para carga indutiva.

---

**Dica:** Quando associado a *CDU*'s de carga dinâmica, a localização do sinal será considerada a barra CA terminal do respectivo equipamento ao qual o *CDU* estiver associado.

---

## 11.5.3 Local Remoto de Carga Estática

O tipo *BARRAC* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA
-----------	-------------------------------------

## 11.5.4 Local Remoto de Carga Dinâmica

O tipo *LDIN* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA onde está conectado o equipamento
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo do equipamento

## 11.6 Relés com atuação em Cargas

Os seguintes modelos *built-in* de relés estão disponíveis com atuação em cargas no sistema (código *DREL*):

### **DREL MD01**

Relé de subfrequência para alívio de carga por barra, com lógica de operação por frequência absoluta, taxa de variação da frequência e/ou por uma combinação destas.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde está conectado o relé de subfrequência. A medição de frequência de barra está sujeita a uma filtragem com função de transferência $1/(1+sT)$ , cuja constante de tempo $T$ pode ser alterada pelo código <i>DCTE</i> (mnemônico <i>PFFB</i> ).
<b>L</b>	Letra relativa à lógica de alívio de carga do relé de subfrequência: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A → Frequência absoluta;</li> <li>• T → Taxa de variação de frequência;</li> <li>• O → Frequência absoluta ou taxa de variação de frequência;</li> </ul>
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H → Frequência em hertz (<math>Hz</math>);</li> <li>• P → Frequência em <math>pu</math>;</li> </ul> <p>Caso este campo não seja preenchido, assume-se dados de frequência em <math>pu</math>.</p>
<b>F<sub>s</sub></b>	Frequência de supervisão, em $pu$ ou $Hz$ , conforme o campo $H$ for definido. Frequência a partir da qual o cálculo da taxa de variação de frequência é ativado para o corte de carga. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência.
<b>F<sub>c</sub></b>	Frequência de corte, em $pu$ ou $Hz$ , conforme o campo $H$ for definido. Frequência na qual o cálculo da taxa de variação de frequência é efetuado para o corte de carga. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência.
<b>Tax</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o corte de carga, em $pu/s$ ou $Hz/s$ , conforme o campo $H$ for definido. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência.
<b>Fr</b>	Frequência de ajuste para o corte de carga por frequência absoluta, em $pu$ ou $Hz$ , conforme o campo $H$ for definido. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta.
<b>%</b>	Porcentagem de corte de carga da barra em que o relé está conectado (calculado a partir do valor da carga em $t = 0$ ).
<b>Ttx</b>	Temporização de retardo total do relé por taxa de variação de frequência, em segundos.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé de frequência absoluta atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta.
<b>M</b>	Letra $M$ , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra $A$ , caso este atue automaticamente no alívio de carga.

**DREL MD03**

Relé de subtensão para alívio de carga por barra.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde está conectado o relé e a carga a ser aliviada.
<b>Vc</b>	Tensão de ajuste para o corte de carga, em <i>pu</i> .
<b>%c</b>	Porcentagem de corte de carga da barra em que o relé está conectado (calculado a partir do valor da carga em $t = 0$ ).
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no alívio de carga.
<b>Bm</b>	Número de identificação da barra onde é feita a medição de tensão para alívio de carga. Se deixado em branco, é considerada como a barra onde está conectado o relé, fornecida no campo <i>Nb</i> .

## 11.7 Esquema Regional de Alívio de Carga

Por definição, o Esquema Regional de Alívio de Carga (*ERAC*) é o sistema de proteção que, por meio do desligamento automático e escalonado de blocos de carga, utilizando relés de frequência, minimiza os efeitos de subfrequência decorrentes de perda de grandes blocos de geração.

Por meio deste sistema, é possível especificar áreas de interesse a serem monitoradas e onde as cargas serão cortadas (em percentuais pré-definidos), em função do afundamento observado na frequência (valor absoluto) ou então pela velocidade com que a frequência tem caído (taxa de variação).

No *Anatem*, o ERAC pode ser definido por meio do código *DERA* e possui duas entradas de dados distintas.

Na primeira entrada de dados, são informados os identificadores da região monitorada e das frequências de monitoração (supervisão e corte) para a avaliação da taxa. A região de interesse é identificada pelo recurso da *Linguagem de Seleção*.

<b>Ne</b>	Número de identificação do ERAC.
<b>tp</b>	Tipo do elemento, sendo preenchido como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>BARR</i> se o elemento for uma barra;</li> <li>• <i>AREA</i> se o elemento for uma área;</li> <li>• <i>TENS</i> se o elemento for uma base de tensão.</li> </ul>
<b>no</b>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento.
<i>C</i>	Primeira condição, preenchida como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>A</i> Especifica uma condição de intervalo;</li> <li>• <i>E</i> Especifica uma condição de união.</li> </ul>
<i>tp</i>	Tipo do elemento definido para a primeira condição ( <i>BARR</i> , <i>AREA</i> ou <i>TENS</i> ).
<i>no</i>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento definido para a primeira condição.
<i>C</i>	Condição principal, preenchida como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>X</i> para a diferença entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições;</li> <li>• <i>E</i> para a união entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições;</li> <li>• <i>X</i> para a interseção entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições.</li> </ul>
<i>tp</i>	Tipo do elemento definido para a condição principal ( <i>BARR</i> , <i>AREA</i> ou <i>TENS</i> ).
<i>no</i>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento definido para a condição principal.
<i>C</i>	Segunda condição, preenchida como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>A</i> Especifica uma condição de intervalo;</li> <li>• <i>E</i> Especifica uma condição de união.</li> </ul>
<i>tp</i>	Tipo do elemento definido para a segunda condição ( <i>BARR</i> , <i>AREA</i> ou <i>TENS</i> ).
<i>no</i>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento definido para a segunda condição.
<i>Nb</i>	Número de identificação da barra onde será calculada a frequência para atuação. Se deixado em branco, o ERAC atuará com a frequência média da ilha elétrica. A medição de frequência de barra está sujeita a uma filtragem com função de transferência $\frac{1}{(1+sT)}$ , cuja constante de tempo <i>T</i> pode ser alterada pelo código <i>DCTE</i> através do mnemônico <i>PFFB</i> .
<i>F<sub>s</sub></i>	Frequência de supervisão, em pu. Frequência a partir da qual o cálculo da taxa de variação de frequência é ativado para o corte de carga. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por taxa de variação de frequência.
<i>F<sub>c</sub></i>	Frequência de corte, em pu. Frequência na qual o cálculo da taxa de variação de frequência é efetuado para o corte de carga. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por taxa de variação de frequência.
<i>O</i>	Letra <i>M</i> se a função do ERAC é de simples monitoração ou letra <i>A</i> caso este atue automaticamente no alívio de carga.

**Nota:** Das barras selecionadas pelas informações contidas nos campos relativos à primeira condição e à condição principal, só serão usadas para o corte de carga pelo ERAC aquelas que tiverem carga com potência ativa maior que zero. A barra de controle tem que pertencer ao conjunto de barras selecionadas, porém não precisa ter carga com potência ativa positiva ligada a ela.

Na segunda entrada de dados, são informadas n-linhas referentes aos n-estágios de atuação do ERAC, com parâmetros relativos aos tempos de atuação e os montantes de corte de carga. Esta entrada de dados é finalizada com o comando FIMERAC.

(	Letra relativa à lógica de alívio de carga do relé de subfrequência, preenchida como <i>A</i> para frequência absoluta, <i>T</i> para taxa de variação da frequência ou <i>O</i> frequência absoluta ou taxa de variação de frequência (valor <i>default</i> )
<b>Tax</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o corte de carga, em pu/s. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por taxa de variação de frequência.
<b>Fr</b>	Frequência de retaguarda associada ao estágio. Ajustada para o corte de carga por frequência absoluta, em pu. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por frequência absoluta.
<b>%C</b>	Porcentagem de corte de carga das barras selecionadas. O valor absoluto de corte de cada carga é calculado a partir do valor da carga em $t = 0$ .
<i>Ttx</i>	Temporização de retardo total do relé por taxa de variação de frequência, em segundos. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por taxa de variação de frequência.
<i>Tre</i>	Temporização ajustada para o relé do ERAC atuar, em segundos. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por frequência absoluta. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do ERAC.
<i>Tdj</i>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante que recebeu o comando do ERAC para atuação até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por frequência absoluta.

#### Ver também:

Para maiores detalhes acerca da linguagem de seleção, consulte [Linguagem de Seleção](#).

## 11.8 Códigos Relacionados

Carga Estática: *DCAR*

Carga Dinâmica: *DLDN DCDU ACDU DTDU*

Dados Complementares: *DERA DREL*

Outros: *DCEN DEVT DLOC DPLT*





Banco de Capacitores, GE Grid Solutions

**Atenção:** O montante e localização dos bancos *shunt* devem ser definidos no caso de fluxo de potência e são informados ao programa por meio do arquivo histórico.

Os bancos *shunt* de capacitores e indutores são equipamentos cuja função reside no controle de tensão do sistema. Frequentemente são referenciados como “*shunt* de barra” ou “*shunt* de linha”, a depender do ponto de conexão do equipamento, e podem ser fixos (equivalentes) ou manobráveis (individualizados). No caso do equipamento manobrável, é comum o equipamento ser referido como “banco *shunt*”. Estes equipamentos são informados no caso do Anarede, podendo ser um atributo dos dados de barra ou nos dados de *shunt* de linha (equivalentes) ou então individualizados.

A diferença entre um “*shunt* de barra” e um “*shunt* de linha” reside no vínculo do estado operativo do equipamento com o sistema: no caso dos *shunts* de linha, estes são removidos da simulação caso a linha tenha seu estado operativo modificado para desligado. Essa diferença, portanto, é um ponto importante dentro da análise de contingências do sistema, mas é indiferente na operação normal do sistema.

**Dica:** Considere modelar o banco *shunt* como banco *shunt* de linha caso se deseje atrelar o estado operativo do banco *shunt* com o estado operativo de um circuito.

O Anatem importará os bancos *shunt* do caso do Anarede respeitando a sua declaração original (se individualizados ou equivalentes). Bancos equivalentes podem sofrer variação contínua em sua magnitude por meio de eventos ou controles CDU. Bancos individualizados sofrem alteração no número de unidades ligadas, contudo.

Devido à sua natureza física, bancos *shunt* são sempre considerados como  $Z$  constante para efeitos da modelagem do fluxo de potência.

## 12.1 Eventos em *Shunt*

Os seguintes eventos podem ser aplicados em *Shunts* (código *DEVT*):

### MDSH

Modificação de *shunt* equivalente (Abs ou %) ou número de unidades de banco shunt (individualizado) em barra CA (Un).

Ao menos um dos seguintes parâmetros precisa ser informado: *Abs* ou % (equivalente) ou *Un* (individualizado).

<b>El</b>	Identificador da barra associado ao evento
<b>%</b>	Variação percentual (relativa ao valor em t=0) do valor do shunt a ser modificado
<b>Abs</b>	Variação absoluta do shunt a ser modificado
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento do banco shunt individualizado
<b>Un</b>	Número de unidades que serão ligadas (valor positivo) ou desligadas (valor negativo) do grupo de banco shunt individualizado

**Atenção:** Este evento pode entrar em conflito com CDUs que atuem sobre o controle de banco *shunt* equivalente (STSHT) ou individualizado (STBSH).

## 12.2 Plotagem de *Shunt*

### 12.2.1 Plotagem de *Shunt* Equivalente

A régua para a plotagem de variáveis relativas a shunts equivalentes requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>El</b>	Número de identificação da barra CA
-----------	-------------------------------------

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas a *shunts* equivalentes:

### QSHT

Potência elétrica reativa correspondente ao “shunt” da barra, em Mvar.

### 12.2.2 Plotagem de *Shunt* Individualizado

Existem duas régua possíveis para o preenchimento da plotagem de Banco *Shunt* Individualizado, a depender se o equipamento é um *shunt* de barra ou de linha:

A régua para a plotagem de variáveis relativas a shunts individualizados de barra requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>El</b>	Número de identificação da barra CA
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à barra CA

A régua para a plotagem de variáveis relativas a shunts individualizados de linha requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>El</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo ( <i>default = 1</i> )
<i>Ex</i>	Número de identificação da extremidade do circuito em que a variável associada será plotada ( <i>default = El</i> )

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas a *shunts* individualizados:

**QBSH**

Valor do shunt do grupo de banco *shunt* individualizado de barra ou de linha, em Mvar.

**NUBSH**

Número de unidades em operação no grupo de banco shunt individualizado de barra ou de linha.

## 12.3 Variáveis CDU de Shunt

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por alguns controladores *CDU*, ou por locais remotos de medição (*BARRAC* para *shunt* equivalente, *BSH* para *shunt* individualizado no código *DLOC*):

### 12.3.1 Variáveis CDU de Shunt Equivalente

**QSHT**

*IMPORT DEFVAL*

Potência reativa injetada pelo *shunt* na barra, em pu. Positiva para capacitor e negativa para indutor.

**STSHT**

*IMPORT EXPORT*

Percentual de *shunt* equivalente ligado na barra em relação ao valor inicial do shunt equivalente de barra.

### 12.3.2 Variáveis CDU de Shunt Individualizado

**QBSH**

*IMPORT DEFVAL*

Potência reativa injetada pelo grupo de banco *shunt* individualizado, em pu. Positiva para capacitor e negativa para indutor.

**NUBSH**

*IMPORT DEFVAL*

Número de unidades em operação do grupo de banco *shunt* individualizado de barra ou de linha.

**STBSH**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Número de unidades em operação do grupo de banco *shunt* individualizado de barra ou de linha.

### 12.3.3 Local Remoto de *Shunt* Equivalente

O tipo *BARRAC* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA
-----------	-------------------------------------

### 12.3.4 Local Remoto de *Shunt* Individualizado

O tipo *BSH* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA (shunt de barra) ou extremidade <i>DE</i> do circuito associado à localização do sinal ( <i>shunt</i> de linha)
<i>Pa</i>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado à localização do sinal (caso seja <i>shunt</i> de linha)
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo associado à localização do sinal ( <i>default = 1</i> )
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento associado à localização do sinal

## 12.4 Relés com atuação em *Shunt*

Os seguintes modelos *built-in* de relés estão disponíveis com atuação em bancos *shunt* no sistema (código *DREL*):

### **DREL MD07**

Relé de sobretensão de barra para desligamento de bancos de capacitores ou inclusão de bancos de reatores.

<b>Nb</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Ten</b>	Tensão de ajuste do relé de sobretensão, em <i>pu</i> , a partir da qual a tensão na barra definida no campo <i>Nb</i> é monitorada para a atuação do relé no chaveamento do <i>shunt</i> .
<i>Rel</i>	Relação percentual entre a tensão de reset do relé e a tensão de ajuste. Este valor deve ser menor ou igual a 100. Se deixado em branco será considerado o valor 100%.
<b>%</b>	Valor percentual (calculado a partir do valor em $t = 0$ ) do <i>shunt</i> a ser retirado pelo relé de sobretensão. Valores negativos devem ser usados para aumentar o reator da barra, caso nesta tenha reator. Valores positivos devem ser usados para diminuir o capacitor da barra, caso nesta tenha capacitor.
<b>ABS</b>	Valor absoluto do <i>shunt</i> da barra (para tensão de $1pu$ ) a ser retirado pelo relé de sobretensão, em <i>Mvar</i> . Neste campo só podem ser usados valores positivos indicando retirada deste valor no <i>shunt</i> da barra.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de banco <i>shunt</i> individualizado.
<i>Und</i>	Número de unidades a serem removidas pela atuação do relé (no caso de capacitor) ou a serem inseridos (no caso de reator). Caso este campo seja deixado em branco, o banco de capacitores inteiro é removido ou o banco de reatores inteiro é adicionado.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.
<b>Qmin</b>	Limite mínimo de potência reativa (para tensão de $1pu$ ) para o <i>shunt</i> da barra. O relé só irá desligar capacitor (inserir reator) enquanto o valor de <i>shunt</i> for superior a este limite. Caso o valor em $t = 0$ seja inferior a <i>Qmin</i> , o relé não poderá ser usado. Se o valor de <i>shunt</i> ficar menor que <i>Qmin</i> durante a simulação (por exemplo, devido a um evento), o relé será desabilitado.
<i>Pa</i>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé. (Esse campo <b>só deve ser preenchido</b> quando se tratar de atuação do relé sobre grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito.)
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito monitorado pelo relé. (Esse campo <b>só deve ser preenchido</b> quando se tratar de atuação do relé sobre grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito.)
<b>Ex</b>	Número de identificação da extremidade que se encontra o grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito. (Esse campo <b>só deve ser preenchido</b> quando se tratar de atuação do relé sobre grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito.)

**DREL MD08**

Relé de subtensão de barra para desligamento de bancos de reatores ou inclusão de bancos de capacitores.

<b>Nb</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Ten</b>	Tensão de ajuste do relé de subtensão, em <i>pu</i> , a partir da qual a tensão na barra definida no campo <i>Nb</i> é monitorada para a atuação do relé no chaveamento do <i>shunt</i> .
<i>Rel</i>	Relação percentual (calculado a partir do valor em $t = 0$ ) entre a tensão de reset do relé e a tensão de ajuste. Este valor deve ser maior ou igual a 100. Se deixado em branco será considerado o valor 100%.
<b>%</b>	Valor percentual do <i>shunt</i> (calculado a partir do valor em $t = 0$ ) a ser retirado pelo relé de subtensão. Valores negativos devem ser usados para aumentar o capacitor da barra, caso nesta tenha capacitor. Valores positivos devem ser usados para diminuir o reator da barra, caso nesta tenha reator.
<b>ABS</b>	Valor absoluto do <i>shunt</i> da barra (para tensão de $1pu$ ) a ser retirado pelo relé de subtensão, em <i>Mvar</i> . Neste campo só podem ser usados valores positivos indicando inclusão deste valor no <i>shunt</i> da barra.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de banco <i>shunt</i> individualizado.
<i>Und</i>	Número de unidades a serem removidas pela atuação do relé (no caso de reator) ou a serem ligados (no caso de capacitor). Caso este campo seja deixado em branco, o banco de reatores inteiro é removido ou o banco de capacitores inteiro é adicionado.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.
<b>Qmax</b>	Limite máximo de potência reativa (para tensão de $1pu$ ) para o <i>shunt</i> da barra. O relé só irá desligar reator (inserir capacitor) enquanto o valor de <i>shunt</i> for inferior a este limite. Caso o valor em $t = 0$ seja superior a <i>Qmax</i> o relé não poderá ser usado. Se o valor de <i>shunt</i> ficar maior que <i>Qmax</i> durante a simulação (por exemplo, devido a um evento), o relé será desabilitado.
<i>Pa</i>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé. (Esse campo <b>só deve ser preenchido</b> quando se tratar de atuação do relé sobre grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito.)
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito monitorado pelo relé. (Esse campo <b>só deve ser preenchido</b> quando se tratar de atuação do relé sobre grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito.)
<i>Ex</i>	Número de identificação da extremidade que se encontra o grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito. (Esse campo <b>só deve ser preenchido</b> quando se tratar de atuação do relé sobre grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito.)

**DREL MD17**

Relé de subfrequência para desligamento de *shunt* de barra capacitivo, com lógica de operação por frequência absoluta, taxa de variação da frequência e/ou por uma combinação destas. A função principal deste relé é desligar bancos de capacitores usados para compensar cargas com fator de potência indutiva, que serão desligadas por atuação de estágios de *ERAC*.

Caso seja solicitado desligamento de *shunt* capacitivo além do existente na barra o valor do *shunt* total nesta barra será limitado em 0, ou seja, não será permitida reversão de sinal no valor do *shunt*. Se o valor do *shunt* de barra for negativo (indutivo) no início da simulação este relé não poderá ser utilizado. Caso o *shunt* de barra fique negativo durante a simulação devido a algum tipo de evento será emitida uma mensagem, no instante em que o relé deveria operar, informando que este está desabilitado.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde está conectado o relé de subfrequência. A medição de frequência de barra está sujeita a uma filtragem com função de transferência $1/(1+sT)$ , cuja constante de tempo $T$ pode ser alterada pelo código <i>DCTE</i> (mnemônico <i>PFFB</i> ).
<b>L</b>	Letra relativa à lógica de desligamento de shunt de barra do relé de subfrequência: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A - frequência absoluta</li> <li>• T - taxa de variação de frequência</li> <li>• O - frequência absoluta ou taxa de variação de frequência</li> </ul>
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H - frequência em hertz (<math>Hz</math>)</li> <li>• P - frequência em <i>pu</i>. Caso este campo não seja preenchido, assume-se dados de frequência em <i>pu</i>.</li> </ul>
<b>F<sub>s</sub></b>	Frequência de supervisão, em <i>pu</i> ou $Hz$ , conforme campo <i>H</i> . Frequência a partir da qual o cálculo da taxa de variação de frequência é ativado para o desligamento do <i>shunt</i> de barra. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência.
<b>F<sub>c</sub></b>	Frequência de corte, em <i>pu</i> ou $Hz$ , conforme campo <i>H</i> . Frequência na qual o cálculo da taxa de variação de frequência é efetuado para o desligamento do <i>shunt</i> de barra. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência.
<b>Tax</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o desligamento do <i>shunt</i> de barra, em $pu/s$ ou $Hz/s$ , conforme campo <i>H</i> . Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência.
<b>Fr</b>	Frequência de ajuste para o desligamento do <i>shunt</i> de barra por frequência absoluta, em <i>pu</i> ou $Hz$ , conforme campo <i>H</i> . Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta.
<b>%</b>	Valor percentual, calculado a partir do valor em $t = 0$ , do <i>shunt</i> a ser retirado pelo relé de subfrequência. Neste campo só podem ser usados <b>valores positivos</b> .
<b>ABS</b>	Valor absoluto do <i>shunt</i> de barra, para tensão de $1pu$ , a ser retirado pelo relé de subfrequência, em <i>Mvar</i> . Neste campo só podem ser usados <b>valores positivos</b> .
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de banco de capacitores individualizado.
<b>Und</b>	Número de unidades a serem removidas pela atuação do relé. Caso este campo seja deixado em branco, o grupo inteiro é removido.
<b>Ttx</b>	Temporização de retardo total do relé por taxa de variação de frequência, em segundos.
<b>12.4. Relés com atuação em Shunt</b>	<b>163</b>
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé de frequência absoluta atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.

**Aviso:** O relé **não** pode ser usado se o valor inicial do *shunt* for negativo (indutivo).

## 12.5 Códigos Relacionados

Outros: *DEVT DLOC DPLT*



Power pylons at sunset - Matthew Henry

**Atenção:** Circuitos CA devem ser definidos no caso de fluxo de potência e são informados ao programa por meio do arquivo histórico.

As linhas de transmissão, transformadores e transformadores defasadores são representados pelos seus circuitos  $\pi$  equivalentes. Estes elementos podem ser ligados/desligados pelo usuário, em qualquer instante de tempo da simulação, através do código *DEVT* ou automaticamente por relés de impedância, de sobrecorrente ou de sobretensão (código *DREL*).

## 13.1 Fluxo Agregado de Intercâmbio

O *Anatem* possui um recurso para agregar fluxos monitorados de circuitos do sistema para efeitos de monitoração de intercâmbio. Este recurso é utilizado para facilitar o processo de plotagem do intercâmbio de pontos do sistema, ao adicionar os fluxos de circuitos de interesse em uma única variável de plotagem.

Os dados de fluxo agregado de intercâmbio são informados por meio do código *DFLA* e possui duas régua para serem preenchidas.

Na primeira régua, define-se os parâmetros de identificação da área do fluxo agregado de intercâmbio. Esta área é distinta daquela informação originária do *Anarede*, e informada no código *DBAR* daquele programa.

<b>NA</b>	Número de identificação da área para contabilização de fluxo de intercâmbio
<b>ID</b>	Identificação alfanumérica da área para contabilização de fluxo de intercâmbio

Na segunda régua, são definidos todos os circuitos que comporão a área informada anteriormente. O código FIMFLA deve ser utilizado para encerramento na entrada de circuitos para uma mesma área.

<b>De</b>	Número de identificação da barra <i>DE</i> do circuito CA de intercâmbio conforme definido no <i>Anarede</i>
<b>Pa</b>	Número de identificação da barra <i>PARA</i> do circuito CA de intercâmbio conforme definido no <i>Anarede</i>
<b>NC</b>	Número de identificação do circuito CA de intercâmbio conforme definido no <i>Anarede</i> . Se for deixado em branco será considerado o primeiro circuito
<i>Ex</i>	Número de identificação da extremidade do circuito na qual será feita a medição do fluxo (sendo considerado positivo o sentido do fluxo entrando na extremidade a partir da rede). Deve ser igual a um dos campos barra <i>DE</i> ou barra <i>PARA</i> . Se for deixado em branco será considerado o valor do campo barra <i>DE</i> . Para contabilizar o valor com sinal trocado, poderá ser fornecido neste campo um sinal negativo juntamente com o valor da extremidade

## 13.2 Eventos em Circuitos CA

Os seguintes eventos podem ser aplicados em Circuitos CA (código *DEVT*):

### 13.2.1 Eventos de Curto-Circuito

#### APCL

Aplicação de curto-circuito em linha CA. O curto-circuito pode ser franco (trifásico) ou com impedância de curto-circuito (opcional). O curto-circuito permanece ativo enquanto não for eliminado por alguma proteção (relés e relés por CDU) ou pelo evento de remoção de curto-circuito RMCL.

<b>EI</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default</i> = 1)
<i>Ex</i>	Identificação da extremidade ( <i>default</i> = DE)
<i>%</i>	Percentual do comprimento do circuito a partir da extremidade dada
<i>Rc</i>	Resistência da impedância de curto-circuito na rede CA, em % ( <i>default</i> = 0)
<i>Xc</i>	Reatância da impedância de curto-circuito na rede CA, em % ( <i>default</i> = 0)

#### RMCL

Remoção de curto-circuito em linha CA.

<b>EI</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default</i> = 1)

### 13.2.2 Alteração de Estado Operativo

#### ABCI

Abertura total de circuito CA ou na extremidade especificada. Este evento pode entrar em conflito com CDUs que atuem sobre o estado operativo (STLIND e STLINP) de circuitos. O circuito deve possuir ao menos uma extremidade fechada.

<b>EI</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default</i> = 1)
<i>Ex</i>	Identificação da extremidade para abertura parcial

**Dica:** A representação aproximada de abertura de uma ou 2 fases de uma linha CA pode ser feita alterando-se a impedância equivalente do respectivo circuito através do evento MDCI

### FECI

Fechamento total de circuito CA ou na extremidade especificada. Este evento de entrar em conflito com CDUs que atuem sobre o estado operativo (STLIND e STLINP) de circuitos. O circuito deve possuir ao menos uma extremidade aberta.

<b>El</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default</i> = 1)
<i>Ex</i>	Identificação da extremidade para fechamento parcial

## 13.2.3 Modificação de Parâmetros

### MDCI

Modificação de parâmetros de circuito CA. Este evento pode entrar em conflito com CDUs que atuem sobre parâmetros de circuitos e transformadores (RTRF, XTRF, TAP...). É necessário informar ao menos um dos seguintes campos: Rc, Xc, Bc ou Defas

<b>El</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default</i> = 1)
<i>Rc</i>	Novo valor da resistência série do circuito, em %
<i>Xc</i>	Novo valor da reatância série do circuito, em %
<i>Bc</i>	Novo valor da susceptância shunt total do circuito, em Mvar
<i>Defas</i>	Novo valor da defasagem do circuito correspondente a transformador defasador, em graus

### MTAP

Modificação de tap de transformador sem controle de tap modelado. É necessário preencher o campo de valor absoluto (Abs) ou o campo de valor percentual (%).

<b>El</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default</i> = 1)
%	Varição percentual (relativa ao valor em t=0) do valor do tap a ser modificado
<i>Abs</i>	Varição absoluta do tap a ser modificado

### BPCS

Bypass de capacitor série modelado via código DCSC no Anarede e que esteja sem controle associado no Anatem. Para o bypass utiliza-se o valor da impedância ZMIN, que pode ser alterada via código *DCTE*.

<b>El</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default</i> = 1)
<i>Rc</i>	Novo valor da resistência série do circuito, em %
<i>Xc</i>	Novo valor da reatância série do circuito, em %
<i>Bc</i>	Novo valor da susceptância shunt total do circuito, em Mvar
<i>Defas</i>	Novo valor da defasagem do circuito correspondente a transformador defasador, em graus

## 13.3 Plotagem de Circuitos CA

### 13.3.1 Plotagem de Circuitos CA Individuais

A régua para a plotagem de variáveis relativas à barra CA requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>El</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo ( <i>default = 1</i> )
<i>Ex</i>	Número de identificação da extremidade do circuito em que a variável associada será plotada ( <i>default = El</i> )

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas à Barra CA:

**FLXM**

Módulo do fluxo de potência do circuito CA, em MVA.

**FLXA**

Fluxo de potência ativa do circuito CA, em MW.

**FLXR**

Fluxo de potência reativa do circuito CA, em Mvar.

**ILIN**

Módulo da corrente do circuito CA, em pu.

**VTLIN**

Módulo em pu da tensão na extremidade especificada da linha CA

**ATLIN**

Ângulo em graus da tensão na extremidade especificada da linha CA

**REAT**

Reatância aparente medida de uma extremidade do circuito CA, em pu.

**RESI**

Resistência aparente medida de uma extremidade do circuito CA, em pu.

**ZMOD**

Módulo da impedância aparente medida de uma extremidade do circuito CA, em pu.

**ZANG**

Ângulo da impedância aparente medida de uma extremidade do circuito CA, em graus.

**TAP**

Valor do tap do transformador no lado primário (barra *DE* do circuito definida no Anarede), em pu.

**RTRF**

Resistência do transformador, em %.

**XTRF**

Reatância do transformador, em %.

**PHSTRF**

Ângulo de defasamento de transformadores defasadores, em graus.

---

**Dica:** Utilize as variáveis VTLIN e ATLIN quando desejar medir módulo e ângulo da tensão em uma linha cuja extremidade se encontra aberta. Com a extremidade fechada, este sinal é idêntico ao sinal *VOLT* e *ANGL* da barra conectada a extremidade em questão.

---

### 13.3.2 Plotagem de Fluxos Agregados de Intercâmbio

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos fluxos agregados requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da área do fluxo agregado
-----------	---

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos fluxos agregados:

**FLXAA**

Fluxo ativo líquido de intercâmbio relativo à área

**FLXRA**

Fluxo reativo líquido de intercâmbio relativo à área

### 13.4 Variáveis CDU de Circuitos CA

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados a certos equipamentos ou por locais remotos de medição (*CIRCAC* no código *DLOC*):

**FLXA**

*IMPORT DEFVAL*

Fluxo de potência ativa do circuito, em pu.

**FLXR**

*IMPORT DEFVAL*

Fluxo de potência reativa do circuito, em pu.

**ILIN**

*IMPORT DEFVAL*

Módulo da corrente do circuito, em pu.

**ILINR**

*IMPORT DEFVAL*

Componente real da corrente do circuito, em pu.

**ILINI**

*IMPORT DEFVAL*

Componente imaginária da corrente do circuito, em pu.

**RTRF**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Valor da resistência do transformador não OLTC, em pu.

**XTRF**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Valor da reatância do transformador não OLTC, em pu.

**RCIR**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Valor da resistência do circuito (incluindo transformadores), em pu.

**XCIR**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Valor da reatância do circuito (incluindo transformadores), em pu.

**RESI**

*IMPORT DEFVAL*

Resistência aparente medida de uma extremidade do circuito CA, em pu.

**REAT**

*IMPORT DEFVAL*

Reatância aparente medida de uma extremidade do circuito CA, em pu.

**STCIRC**

*IMPORT DEFVAL*

Estado de operação de um circuito: 0 para circuito desligado e 1 para circuito ligado. Um circuito é considerado ligado apenas quando ambas as extremidades estão ligadas

---

**Nota:** Está notação é diferente daquela adotada pelo *Anarede*.

---

**STLIND**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Estado de operação de extremidade *DE* de circuito: 0 para extremidade desligada e 1 para extremidade ligada

**STLINP**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Estado de operação de extremidade *PARA* de circuito: 0 para extremidade desligada e 1 para extremidade ligada.

---

**Nota:** As variáveis *STLIND* e *STLINP* são referentes à extremidade informada no código *DLOC*.

---

### 13.4.1 Local Remoto de Circuitos CA

O tipo *CIRCAC* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>El</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito associado à localização do sinal
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado à localização do sinal
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo associado à localização do sinal ( <i>default = 1</i> )
<i>Ex</i>	Número de identificação da extremidade do circuito associado à localização do sinal ( <i>default = DE</i> )

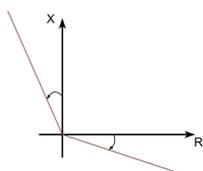
### 13.5 Relés com atuação em Circuitos CA

Os seguintes modelos *built-in* de relés estão disponíveis com atuação em circuitos CA no sistema (código *DREL*):

**DREL MD02**

Relé de sobrecorrente para detecção de sobrecarga em circuito.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Ne</b>	Número de identificação da extremidade do circuito, onde a corrente é monitorada para a atuação do relé na abertura do circuito. Se deixado em branco a atuação do relé se dará somente no caso das correntes em ambas as extremidades violarem as condições de corrente ajustada.
<b>Cor</b>	Corrente de ajuste para monitoração do circuito, em <i>pu</i> .
<b>Ang</b>	Ângulo $\theta$ do elemento direcional, em graus, com $0^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ . Se deixado em branco, o elemento direcional é ignorado na modelagem do relé. No caso de haver elemento direcional, o relé só irá atuar se a impedância vista a partir da extremidade do circuito estiver contida na região correspondente à união do 1º quadrante com as porções do 2º e 4º quadrantes indicadas na Figura abaixo pelo ângulo $\theta$ .
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.

Fig. 13.1: Ângulo  $\theta$  do elemento direcional.**DREL MD04**

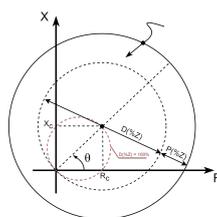
Relé de impedância para detecção de defeito em circuito.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Ne</b>	Número de identificação da extremidade do circuito, a partir da qual a impedância é monitorada para a atuação do relé na abertura do circuito. Se deixado em branco a atuação do relé se dará somente no caso das impedâncias monitoradas a partir de ambas as extremidades violarem o valor ajustado.
<b>%</b>	Distância em percentagem da impedância do circuito para ajuste do relé. Este valor <b>deve ser maior</b> que 0 (zero) e, se deixado em branco, será considerado o valor 100%.
<b>Ang</b>	Ângulo de ajuste do relé, em graus. Este valor <b>deve estar compreendido entre</b> $0^\circ$ (zero) e $90^\circ$ . Se deixado em branco será considerado o ângulo da impedância do circuito.
<b>%</b>	Parcela adicional em percentagem da impedância do circuito para ajuste do relé. Se este for deixado em branco será considerado o valor 0%.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue auto-maticamente no desligamento do circuito.

**DREL MD05**

Relé de impedância para detecção de oscilação entre áreas.

**Primeira régua:**

Fig. 13.2: Ângulo  $\theta$  do elemento direcional.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Rmn1</b>	Ajuste do valor mínimo da resistência medida pelo relé (1ª região), em 100%.
<b>Rmx1</b>	Ajuste do valor máximo da resistência medida pelo relé (1ª região), em 100%.
<b>Xmn1</b>	Ajuste do valor mínimo da reatância medida pelo relé (1ª região), em 100%.
<b>Xmx1</b>	Ajuste do valor máximo da reatância medida pelo relé (1ª região), em 100%.

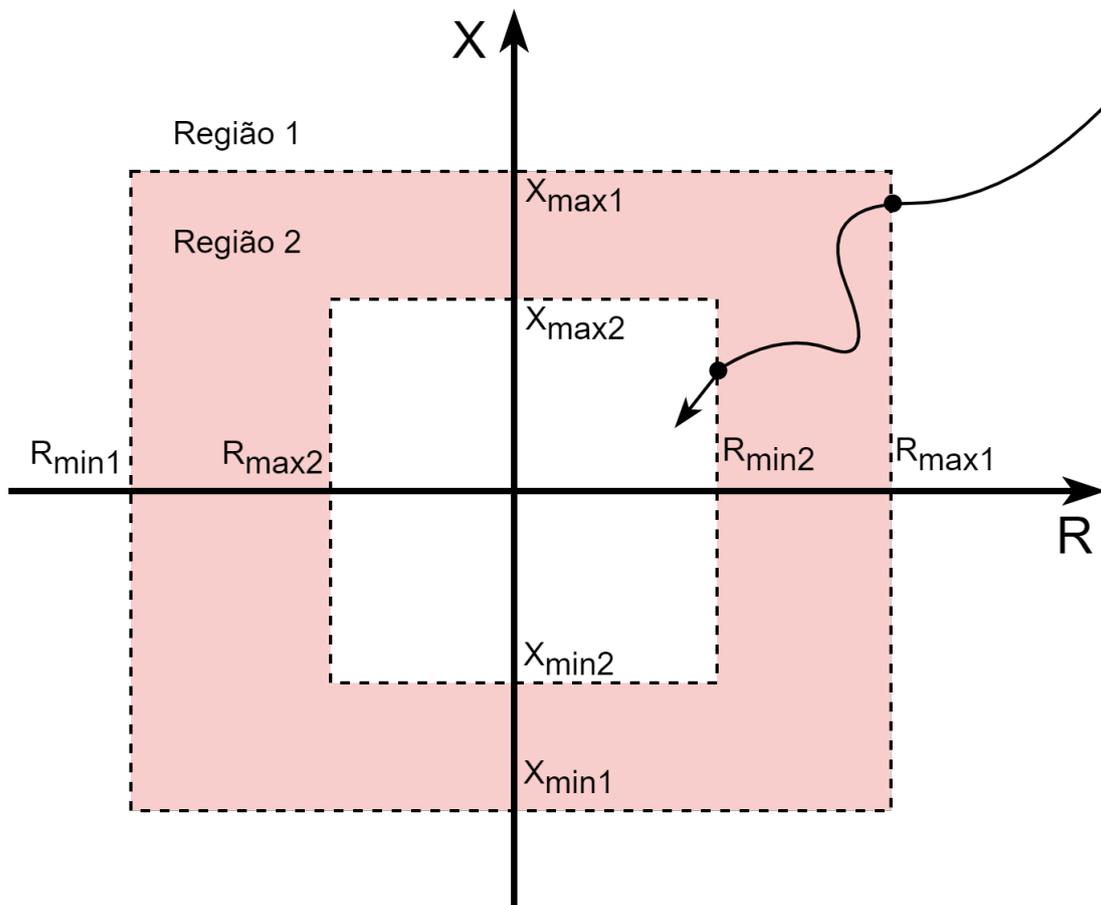
**Segunda régua:**

<b>Rmn2</b>	Ajuste do valor mínimo da resistência medida pelo relé (2ª região), em 100%.
<b>Rmx2</b>	Ajuste do valor máximo da resistência medida pelo relé (2ª região), em 100%.
<b>Xmn2</b>	Ajuste do valor mínimo da reatância medida pelo relé (2ª região), em 100%.
<b>Xmx2</b>	Ajuste do valor máximo da reatância medida pelo relé (2ª região), em 100%.
<b>Tmn</b>	Temporização mínima ajustada para o relé atuar, em segundos.
<b>Tmx</b>	Temporização máxima ajustada para o relé atuar, em segundos.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. O relé só manda ordem para o disjuntor abrir se o tempo que a impedância medida leva para passar entre as regiões 1 e 2 estiver compreendido entre <i>Tmn</i> e <i>Tmx</i> .
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.

**Dica:** Para inserir a primeira régua de auxílio para preenchimento dos campos do *modelo 18* predefinido de relé, utilize o atalho “*ctrl + \**”. A segunda régua de auxílio pode ser inserida da mesma forma após digitar qualquer valor na linha imediatamente abaixo da linha com os parâmetros do relé preenchidos de acordo com a primeira régua.

**DREL MD06**

Relé de sobretensão para desligamento de circuito.

Fig. 13.3: Ângulo  $\theta$  do elemento direcional.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Ten</b>	Tensão de ajuste do relé de sobretensão, em <i>pu</i> , a partir da qual a tensão na barra especificada é monitorada para a atuação do relé na abertura do circuito.
<b>Rel</b>	Relação percentual entre a tensão de <i>reset</i> do relé e a tensão de ajuste. Este valor deve ser menor ou igual a 100. Se deixado em branco será considerado o valor 100%.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.
<b>Bm</b>	Número de identificação da barra onde é feita a medição de tensão para desligamento do circuito. Esta barra pode ser diferente das barras terminais do circuito. Se deixado em branco, é considerada a barra onde está conectado o relé, fornecida no campo <i>De</i> .

**DREL MD09**

Relé de impedância para esquemas especiais de proteção.

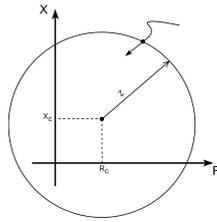
<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Rc</b>	Coordenada resistiva do centro do círculo que define a região de atuação do relé, em % da impedância base do sistema.
<b>Xc</b>	Coordenada reativa do centro do círculo que define a região de atuação do relé, em % da impedância base do sistema.
<b>Z</b>	Valor de impedância correspondente ao raio do centro do círculo que define a região de atuação do relé, em % da impedância base do sistema.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.
<b>De2</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito a ser aberto. Se deixado em branco, assume o mesmo valor preenchido no campo <i>De</i> .
<b>Pa2</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito a ser aberto. Se deixado em branco, assume o mesmo valor preenchido no campo <i>Pa</i> .
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo a ser aberto. Se deixado em branco, assume o mesmo valor preenchido no primeiro campo <i>Nc</i> .

**Nota:** Embora o *modelo 09* predefinido de relé seja similar ao *modelo 04* predefinido, possui as seguintes diferenças básicas:

- A monitoração de impedância é feita apenas a partir da extremidade *DE* da Barra *I* (campo *De*) do circuito monitorado.
- O circuito chaveado pode ser diferente do circuito monitorado.
- Os parâmetros do círculo que determinam a zona de atuação são definidos diretamente em % da impedância base do sistema, sem qualquer relação com a impedância do circuito monitorado, já que a princípio ele não é destinado à proteção contra curto-circuito no mesmo (embora possa ser usado para tal).

**DREL MD10**

Relé de subtensão para desligamento de circuito.

Fig. 13.4: Característica de operação do *modelo 09* predefinido de relé.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Ten</b>	Tensão de ajuste do relé de subtensão, em <i>pu</i> , a partir da qual a tensão na barra especificada é monitorada para a atuação do relé na abertura do circuito.
<b>Rel</b>	Relação percentual entre a tensão de reset do relé e a tensão de ajuste. Este valor <b>deve ser maior ou igual</b> a 100. Se deixado em branco será considerado o valor 100%.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.
<b>Bm</b>	Número de identificação da barra onde é feita a medição de tensão para desligamento do circuito. Esta barra pode ser diferente das barras terminais do circuito. Se deixado em branco é considerada a barra onde está conectado o relé (fornecido no campo <i>De</i> ).

**DREL MD18**

Relé de impedância em lente para desligamento de circuito (detecção de perda de sincronismo).

**Primeira régua:**

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito monitorado pelo relé.
<b>Rc1d</b>	Parte real do centro do círculo que define a primeira região de ajuste do relé do lado esquerdo, em %.
<b>Xc1d</b>	Parte imaginária do centro do círculo que define a primeira região de ajuste do relé do lado esquerdo, em %.
<b>Ra1d</b>	Raio do círculo que define a primeira região de ajuste do relé do lado esquerdo, em %.
<b>Rc1e</b>	Parte real do centro do círculo que define a primeira região de ajuste do relé do lado direito, em %. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor $\sim Rc1D$ .
<b>Xc1e</b>	Parte imaginária do centro do círculo que define a primeira região de ajuste do relé do lado direito, em %. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor $\sim Xc1D$ .
<b>Ra1e</b>	Raio do círculo que define a primeira região de ajuste do relé do lado direito, em %. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor <i>Ra1D</i> .
<b>C</b>	Controle para envio da ordem para abertura dos disjuntores: <i>E</i> para entrada ou <i>S</i> para saída. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor <i>E</i> .

**Segunda régua:**

<b>Rc2d</b>	Parte real do centro do círculo que define a segunda região de ajuste do relé do lado esquerdo, em %.
<b>Xc2d</b>	Parte imaginária do centro do círculo que define a segunda região de ajuste do relé do lado esquerdo, em %.
<b>Ra2d</b>	Raio do círculo que define a segunda região de ajuste do relé do lado esquerdo, em %.
<b>Rc2e</b>	Parte real do centro do círculo que define a segunda região de ajuste do relé do lado direito, em %. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor $\sim Rc2D$ .
<b>Xc2e</b>	Parte imaginária do centro do círculo que define a segunda região de ajuste do relé do lado direito, em %. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor $\sim Xc2D$ .
<b>Ra2e</b>	Raio do círculo que define a segunda região de ajuste do relé do lado direito, em %. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor $Ra2D$ .
<b>Tmn</b>	Tempo mínimo de discriminação ajustado para o relé atuar, em segundos.
<b>Tmx</b>	Tempo máximo de discriminação ajustado para o relé atuar, em segundos.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.

**Dica:** Para inserir a primeira régua de auxílio para preenchimento dos campos do *modelo 18* predefinido de relé, utilize o atalho “*ctrl + \**”. A segunda régua de auxílio pode ser inserida da mesma forma após digitar qualquer valor na linha imediatamente abaixo da linha com os parâmetros do relé preenchidos de acordo com a primeira régua.

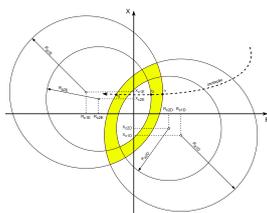


Fig. 13.5: Característica de operação do *modelo 18* de relé predefinido.

#### DREL MD19

Relé de impedância com característica quadrilateral.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Rmin</b>	Ajuste do valor mínimo da resistência medida pelo relé (1ª região), em %.
<b>Rmax</b>	Ajuste do valor máximo da resistência medida pelo relé (1ª região), em %.
<b>Xmin</b>	Ajuste do valor mínimo da reatância medida pelo relé (1ª região), em %.
<b>Xmax</b>	Ajuste do valor máximo da reatância medida pelo relé (1ª região), em %.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.

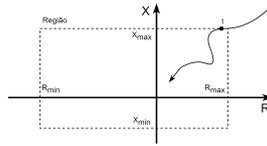


Fig. 13.6: Característica de operação do *modelo 19* de relé predefinido.

## 13.6 Códigos Relacionados

Dados Complementares: *DREL DFLA*

Outros: *DEVT DLOC DPLT*



## Transformadores OLTC



Transformador Trifásico OLTC, Weidmann Electrical

São chamados de OLTC (*On-load tap changer*) ou TCAT (transformador com comutação automática de tape) os equipamentos capazes de, em operação, alterar o valor do *tap*. Em um transformador, a variação do *tap* é utilizada para controlar a tensão em um barramento terminal (*tap* de tensão) ou então para o controle de fluxo em um ramo (*tap* de defasamento).

A modelagem de transformadores com dispositivos de controle de tensão através de variação de *tap* em carga é importante para estudos de colapso de tensão. Em geral, as potências consumidas pelas cargas tendem a diminuir com a queda da tensão. A atuação do controle de *tap* em situações normais tende a manter a tensão na carga, fazendo com que a sua potência fique aproximadamente constante, o que é mais severo para a operação do sistema pois não ocorre o esperado alívio do carregamento quando da redução de tensão. Em certas situações, ao se iniciar um colapso de tensão, a atuação do *tap* pode ser inversa à desejada contribuindo para acelerar o processo de colapso.

**Nota:** Os transformadores, no *Anatem*, são normalmente considerados como *Circuitos CA*, para efeitos de declaração, controle e eventos; e possuem o *tap* (de tensão e/ou de defasamento) fixo, independentemente da declaração no caso *Anarede*. A declaração de OLTC no *Anatem* diz respeito, exclusivamente, a capacidade do equipamento de ter seu *tap* alterado durante uma simulação de transitórios eletromecânicos.

No *Anatem*, é permitida a modelagem de controles especiais que lidarão com o ajuste do valor do *tap*. A modelagem de transformadores com controle de tensão pode ser feita por modelo *built-in* ou por *CDU*. A modelagem de transformadores defasadores (*“phase-shifters”*), contudo, só pode ser feita via *CDU*. Na modelagem por *CDU*, é permitido o controle simultâneo de tensão e de defasamento.

Para que um transformador possa ser modelado no *Anatem* como um OLTC (controlando *tap* de tensão e/ou de defasamento) é necessário que no registro de dados correspondente a este equipamento no código de execução *DLIN* do programa *Anarede* os campos *Tap mínimo* e *Tap máximo* estejam preenchidos e que contenham valores diferentes (*Tap máximo* maior que *Tap mínimo*). Caso *Tap máximo* seja igual ao *Tap mínimo*, o *Anarede* considera que o transformador tem *tap* fixo e portanto não é um OLTC. Neste caso, para que o transformador possa ser modelado como OLTC no *Anatem*, basta fazer *Tap máximo* ligeiramente maior que *Tap mínimo*.

**Dica:** Para modelagem de um transformador defasador com defasagem inicial de 0, utilize um valor pequeno

( $10^{-5}$ ) tanto no *Anarede* quanto no *Anatem*; o valor nulo faz com que o transformador não seja considerado como um defasador.

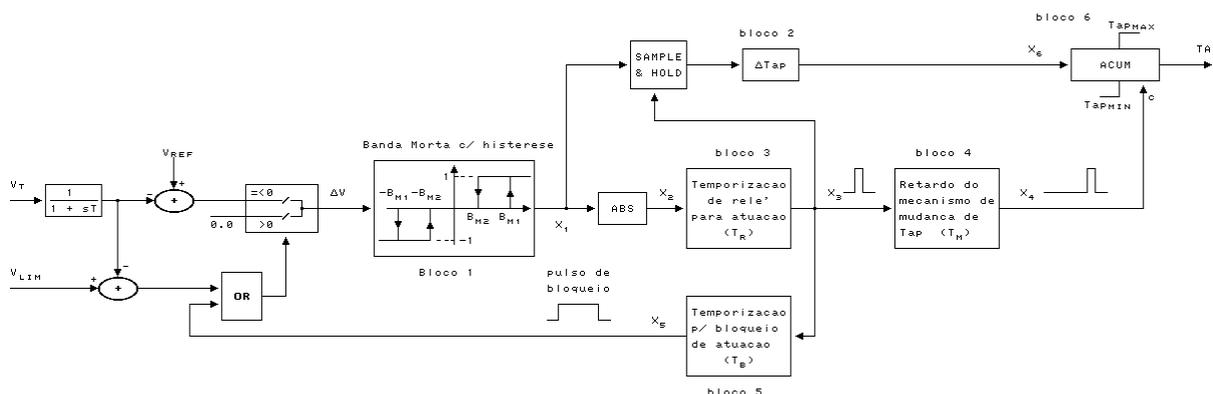
**Atenção:** Em função da constante de tempo associada ao ajuste de *tap*, frequentemente a representação desse controle não é feita para transformadores que, na realidade, são OLTCs. Para simulações de longo-termo, verifique a representação dos OLTCs no caso de estudo.

## 14.1 Controle *Built-in* de Transformadores OLTC

O programa dispõe de um modelo para controle de *tap* em transformador OLTC (dados fornecidos pelo código *DMTC*). A associação do modelo de controle com o respectivo transformador OLTC é feita por meio do código *DLTC*.

**Dica:** Para controles de *tap* de defasamento ou então para um controle de *tap* de tensão que não se enquadre no modelo padrão, utilize a representação por *CDU*, por meio do código *DCDU*.

### DMTC MD01



<b>No</b>	Número de identificação do modelo de controle de tap
<b>Bm1</b>	Valor da banda morta para habilitação da atuação do controle, <b>positivo</b> , em pu
<b>Bm2</b>	Valor da banda morta para desabilitação da atuação do controle (este possui uma histerese), <b>positivo e menor que Bm1</b> , em pu
<b>TR</b>	Tempo de ajuste do relé para atuação do controle de tap, em segundos
<b>TM</b>	Tempo de retardo referente ao mecanismo de mudança de tap, em segundos
<b>TB</b>	Tempo de bloqueio para novas alterações de tap, após atuação do mecanismo de mudança, em segundos.
<b>T</b>	Constante de tempo do transdutor de medição de tensão, em segundos. ( <i>default</i> = 0.0, sendo neste caso, a constante de tempo é ignorada e a medição é considerada instantânea)
<b>Vlim</b>	Valor de tensão abaixo do qual o controle de tap é congelado, em pu. ( <i>default</i> = 0.0, isto é, o tap não é congelado)

O comportamento do modelo *MD01* têm as seguintes características:

- 1) Banda morta com histerese: sinaliza a necessidade de mudança de tap caso  $|\Delta V| > B_{m1}$ . Se  $|\Delta V| < B_{m2}$  “resetar” o valor de  $X_1$ .
- 2) Caso o sinal de tensão  $V_t < V_{lim}$ , o controle do tap é congelado.
- 3) O sinal de  $X_1$  no instante de atuação do relé indica se a variação será de  $\Delta tap$  ou  $-\Delta tap$ .

- 4) Caso o sinal  $X_2 = 1$ , é iniciada a temporização de relé para atuação do controle. Quando o tempo decorrido atinge  $T_R$  é disparada a ordem para atuação do mecanismo de mudança de tap. Esta temporização é “resetada” se  $|\Delta V| < B_{m2}$ .
- 5) Uma vez atingida a temporização do relé (bloco 3) é iniciada a contagem do retardo ( $T_M$ ) do mecanismo de mudança de tap (bloco 4). Esta temporização só é “resetada” quando for efetuada a mudança de tap, ou seja, o “reset” da temporização do relé (bloco 3) não cancela a ordem de mudança de tap. Isto corresponde ao chamado “atraso de transporte”.
- 6) Uma vez ocorrida a atuação do relé, novas atuações são bloqueadas pelo período  $T_B$ .
- 7) Após decorrida a temporização do mecanismo de mudança de tap, o tap é alterado do incremento especificado:  $tap_{novo} = tap_{antigo} + X_6$ .
- 8) O valor final do tap é limitado aos valores  $Tap_{min}$  ou  $Tap_{max}$ .

**Nota:** O valor do tap do transformador é definido para o lado **primário**, considerado como a barra *DE* do circuito especificada no *Anarede*. Caso a modelagem de tap feita no programa de fluxo de potência *Anarede* seja feita de forma contínua, a primeira mudança de tap ordenada pelo controle fará também a discretização do mesmo, ou seja, a mudança será de  $\Delta tap + \epsilon$ , onde  $\epsilon$  é a variação necessária para arredondamento. O modelo de controle de tap no *Anatem* ainda não está lendo as informações de discretização de tap no programa *Anarede*. O valor de  $\Delta tap$ . O valor do sinal  $V_{ref}$  na figura anterior corresponde ao valor especificado no programa *Anarede* para o módulo da tensão da barra controlada, a qual pode ser modificada através do campo *Kbs* do código *DLTC*.

## 14.2 Associação de Transformadores OLTC

A associação do modelo dinâmico de máquinas síncronas aos seus controles é feita através do código *DMAQ*.

Neste código, associa-se a uma barra de geração do *Anarede*, o modelo de máquina, o número de unidades ligadas, o percentual de geração ativa e reativa daquela barra que pertence ao modelo de máquina em questão, os modelos de máquina e os controles associados (regulador de tensão, regulador de velocidade e estabilizador). É possível adicionar mais de um modelo de máquina a uma barra, neste caso, utiliza-se a identificação de grupos.

**Atenção:** Gerações não modeladas são automaticamente convertidas para impedâncias constantes ou para o modelo definido no código *DGER*.

**Dica:** A opção *DGEI* permite ao *Anatem* carregar do arquivo histórico as informações do número de unidades ligadas e também do percentual de participação de potência ativa e reativa da barra. É necessário o preenchimento do código *DGEI* no *Anarede*.

## 14.3 Eventos Transformadores OLTC

Os seguintes eventos podem ser aplicados em transformadores OLTC (código *DEVT*):

### 14.3.1 Alteração em Sinal de Referência

#### TTAP

Degrau no sinal de referência de controle de OLTC.

<b>EI</b>	Extremidade DE do circuito CA correspondente ao transformador
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA correspondente ao transformador
<i>Nc</i>	Número zdo circuito CA correspondente ao transformador ( <i>default = 1</i> )
<i>%</i>	Variação %, relativa ao valor em $t = 0$ , do respectivo sinal de referência
<i>ABS</i>	Variação absoluta do respectivo sinal de referência, em pu

#### Ver também:

Confira também a entrada *Eventos em Circuitos CA* para mais eventos aplicáveis.

## 14.4 Plotagem de Transformadores OLTC

Não existem variáveis para plotagem específicas de transformadores OLTC.

#### Ver também:

Confira a entrada *Plotagem de Circuitos CA* para variáveis de plotagem aplicáveis.

## 14.5 Variáveis CDU de Transformadores OLTC

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados a certos equipamentos ou por locais remotos de medição (*OLTC* no código *DLOC*):

#### TAP

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Valor do tap atual do transformador no lado primário (barra DE do circuito definida no Anarede), em pu.

#### TAPMIN

*IMPORT DEFVAL*

Valor do tap mínimo do transformador, em pu.

#### TAPMAX

*IMPORT DEFVAL*

Valor do tap máximo do transformador, em pu.

#### DTAP

*IMPORT DEFVAL*

Valor da variação incremental do tap, em pu.

#### VBUS

*IMPORT DEFVAL*

Tensão especificada para a barra controlada (fornecida no Anarede), em pu.

#### VLTC

*IMPORT DEFVAL*

Tensão na barra controlada, em pu.

#### SLTC

*IMPORT DEFVAL*

Indica sentido de atuação do tap de acordo com a variação da tensão da barra controlada (possui valores 1.0 ou -1.0).

**RTRF (OLTC)***IMPORT EXPORT DEFVAL*

Valor da nova resistência do transformador, em pu

**XTRF (OLTC)***IMPORT EXPORT DEFVAL*

Valor da nova reatância do transformador, em pu.

**PHSTRF***IMPORT EXPORT DEFVAL*

Valor do novo ângulo de defasamento do transformador, em radianos

**14.5.1 Local Remoto de Transformadores OLTC**O tipo *OLTC* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>EI</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito associado à localização do sinal
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado à localização do sinal
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo associado à localização do sinal ( <i>default = 1</i> )

**Ver também:**Confira também a entrada *Variáveis CDU de Circuitos CA* para mais variáveis CDU aplicáveis.**14.6 Códigos Relacionados**Controlador *Built-in*: *DMTC*Controlador Personalizado: *ACDU DCDU DTDU*Associação de Controles: *DLTC*Outros: *DEVT DLOC DPLT*



## Máquinas de Indução Convencional



Artesia, United States - Robin Sommer

**Atenção:** Máquinas de indução devem ser definidas previamente no caso de fluxo de potência. As informações fornecidas ao Anatem são complementares àquelas oriundas do caso *Anarede*. As máquinas não modeladas são automaticamente convertidas para impedâncias constantes.

O programa dispõe de 2 modelos predefinidos de máquinas de indução convencionais (dados fornecidos pelo código *DMOT*). O modelo de ordem 1 possui um enrolamento de rotor sem representação da dinâmica elétrica rotórica. O modelo de ordem 2 possui um enrolamento de rotor com representação da dinâmica elétrica rotórica. Unidades de máquina podem ser desligadas através do código *DEVT* (evento *RMMI*).

No caso de máquina operando como motor, o torque mecânico pode ser modelado através de parâmetros que definem a curva Torque x velocidade angular da máquina. É possível também modelar o torque mecânico por *CDU*. Esta última opção é útil para representar uma turbina caso a máquina esteja operando como gerador de indução (no caso de geração eólica, por exemplo).

Nos motores de indução que tenham sido modelados é possível gerar modificações automáticas da potência elétrica absorvida pelo motor, através do código de execução *DCEN* (modificação automática de cenário de carga/geração).

### 15.1 Modelos Predefinidos de Máquina de Indução Convencional

A definição de modelo predefinido de máquina de indução consiste da existência (ou não) do efeito transitório do rotor, a constante de inércia da máquina e o modelo da curva de torque mecânico, que pode ser *built-in* (paramétrica) ou por *CDU* a ser definida pelo código *DCDU*. Estes parâmetros são informados no código *DMOT*.

Os outros parâmetros da máquina de indução devem estar previamente definidos no caso do fluxo de potência (*Anarede*), pelo código *DMOT* daquele programa; desta forma, as máquinas de indução sem dados de dinâmica são convertidas automaticamente pelo programa para impedâncias constantes.

É possível modelar o torque mecânico da máquina por *CDU*. No caso de máquina de indução operando como gerador de indução esta opção permite, por exemplo, modelar uma turbina eólica acoplada ao eixo.

Nos motores de indução que tenham sido modelados é possível gerar modificações automáticas dos sinais de torque mecânico, através do código *DCEN* (modificação automática de cenário de carga/geração).

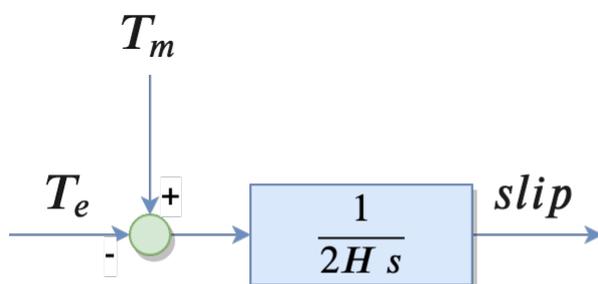
A escolha entre o modelo de máquina de indução de gaiola simples sem efeito transitório no rotor (tipo 1) e o modelo de máquina de indução de gaiola simples com efeito transitório no rotor (tipo 2) pode ser feita por meio do preenchimento do campo *M*, não sendo necessário o uso de opções de execução.

### 15.1.1 Modelo sem efeito transitório no rotor

#### Tipo 1 (M=1)

A régua definição do modelo sem efeito transitório no rotor exige o preenchimento dos parâmetros abaixo:

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra terminal da máquina de indução
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de máquinas de indução. Em uma barra podem estar conectados um ou mais grupos de máquinas. Um grupo pode ser constituído por um ou mais máquinas de indução.
<b>H</b>	Constante de inércia de uma unidade do conjunta máquina de indução-carga mecânica ou gerador de indução-turbina, em segundos. Esta constante é fornecida na base de potência definida no programa <i>Anarede</i>
<i>K0</i>	Parâmetro da curva de torque de carga para motor de indução
<i>K1</i>	Parâmetro da curva de torque de carga para motor de indução
<i>K2</i>	Parâmetro da curva de torque de carga para motor de indução
<i>EXP</i>	Parâmetro $\eta$ da curva de torque de carga para motor de indução
<b>M</b>	<b>Tipo de representação: 1</b>



$$T_m = FAT [K_0 - K_1(1 - slip) + K_2(1 - slip)^\eta]$$

$$T_e = \Re [E' I^*]$$

Fig. 15.1: Diagrama para as equações da máquina de indução sem efeito transitório no rotor (tipo 1)

sendo:

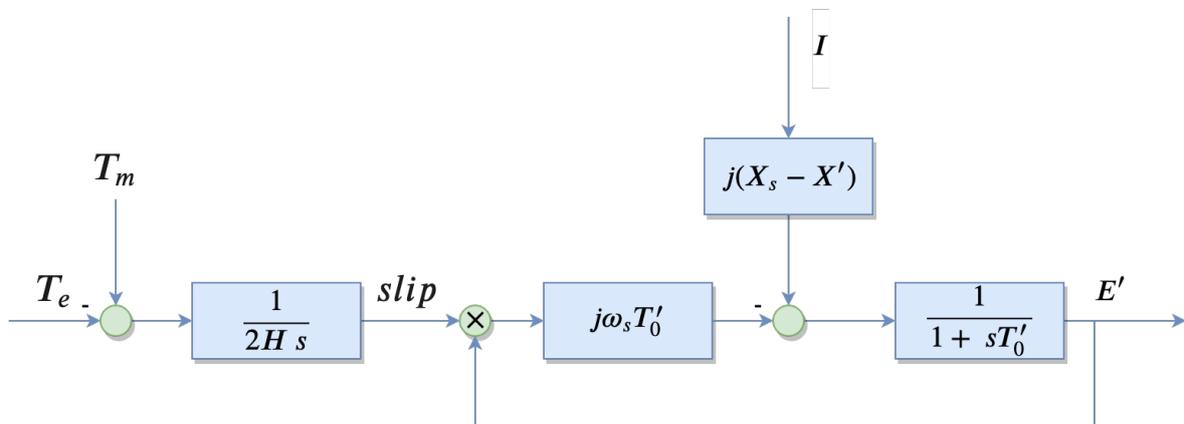
$T_e$	torque elétrico, em pu, na base da máquina
$T_m$	torque mecânico, em pu, na base da máquina
<i>slip</i>	escorregamento do rotor (adimensional)
<i>FAT</i>	constante da curva de torque de carga, em pu

### 15.1.2 Modelo com efeito transitório no rotor

#### Tipo 2 (M=2)

A régua definição do modelo com efeito transitório no rotor exige o preenchimento dos parâmetros abaixo:

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra terminal da máquina de indução
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de máquinas de indução. Em uma barra podem estar conectados um ou mais grupos de máquinas. Um grupo pode ser constituído por um ou mais máquinas de indução.
<b>H</b>	Constante de inércia de uma unidade do conjunto motor de indução-carga mecânica ou gerador de indução-turbina, em segundos. Esta constante é fornecida na base de potência definida no programa <i>Anarede</i>
<b>K0</b>	Parâmetro da curva de torque de carga para motor de indução
<b>K1</b>	Parâmetro da curva de torque de carga para motor de indução
<b>K2</b>	Parâmetro da curva de torque de carga para motor de indução
<b>EXP</b>	Parâmetro $\eta$ da curva de torque de carga para motor de indução
<b>M</b>	<b>Tipo de representação: 2</b>



$$T_m = FAT [K_0 - K_1(1 - slip) + K_2(1 - slip)^\eta]$$

$$T_e = \Re [E' I^*]$$

$$T'_0 = \frac{R_r}{X_r + X_m}$$

$$X' = X_s + \frac{X_r \cdot X_m}{X_r + X_m}$$

Fig. 15.2: Diagrama para as equações da máquina de indução com efeito transitório no rotor (tipo 2)

sendo:

$T_e$	torque elétrico, em pu, na base da máquina
$T_m$	torque mecânico, em pu, na base da máquina
$\omega_s$	velocidade síncrona, em rad/s
$FAT$	constante da curva de torque de carga, em pu
$slip$	escorregamento do rotor (adimensional)
$X_m$	reatância transitória de magnetização, em pu
$R_r$	resistência transitória do enrolamento do rotor, em pu
$X_s$	reatância própria do enrolamento de estator, em pu
$X'$	reatância transitória do enrolamento de estator, em pu
$E'$	fasor tensão através da reatância transitória $X'$ , em pu
$I$	fasor corrente de estator, em pu
$T'_0$	constante de tempo do rotor a circuito aberto, em segundos
$X_r$	reatância transitória do enrolamento de rotor, em pu

**Atenção:** Os parâmetros  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ , e  $\eta$  só podem ser fornecidos para motores de indução (o programa verifica o sinal da potência elétrica inicial na máquina de indução).

**Nota:** Os parâmetros  $R_r$ ,  $X_r$ ,  $X_s$ ,  $X_m$  são originários da leitura do caso de fluxo de potência, convertidos para pu da base da máquina.

## 15.2 Eventos em Máquinas de Indução Convencional

Os seguintes eventos podem ser aplicados em Máquinas de Indução Convencional (código *DEVT*):

### 15.2.1 Alteração de Estado Operativo

#### RMMI

Remoção de unidade de máquina de indução convencional.

<b>EI</b>	Barra CA onde está a máquina
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento ( <i>default = todos os grupos</i> )
<b>Un</b>	Número de unidades que serão removidas do grupo de máquina de indução convencional ( <i>default = todas</i> )

#### LMOT

Partida de grupo de motor de indução convencional.

<b>EI</b>	Barra CA onde está a máquina
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento
<b>Un</b>	Número de unidades que serão removidas do grupo de máquina de indução convencional

**Aviso:** Para o evento *LMOT*, só é possível ligar um grupo que esteja parado.

## 15.2.2 Alteração em Sinal de Referência

### TMOT (Evento)

Degrau no torque mecânico da máquina de indução convencional.

<b>El</b>	Barra CA onde está a máquina
<b>%</b>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) do respectivo sinal de referência.
<b>Abs</b>	Variação absoluta do respectivo sinal de referência, em pu.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento.

## 15.3 Plotagem de Máquinas de Indução Convencional

A régua para a plotagem de variáveis relativas às máquinas de indução requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>El</b>	Número de identificação da barra CA associada à máquina de indução.
<b>Gp</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à variável de plotagem.
<b>Br</b>	Número de identificação da barra CA à qual está conectada a máquina de indução de referência de ângulo.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de máquina indução, cujo eixo $q$ será tomado como referência para a plotagem de ângulos.

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas à máquina de indução:

### PMOT

Potência elétrica ativa terminal consumida pela máquina de indução, em pu. Este sinal é positivo quando a potência está entrando no estator.

### QMOT

Potência elétrica reativa terminal consumida pela máquina de indução, em pu. Este sinal é positivo quando a potência está entrando no estator.

### WRMOT

Velocidade angular do rotor da máquina de indução convencional, em pu.

### SLIP

Escorregamento do rotor da máquina de indução convencional em relação à frequência nominal do sistema, em pu ( $slip = 1 - \omega_r$  pu). Ele é positivo para velocidade subsíncrona e negativo para velocidade super-síncrona.

### SLIPS

Escorregamento do rotor da máquina de indução convencional em relação à frequência da barra terminal, em pu ( $slip = 1 - \omega_r$  pu). Ele é positivo para velocidade subsíncrona e negativo para velocidade super-síncrona.

### TMOT

Torque mecânico da máquina de indução convencional, em pu. Ele é positivo para carga mecânica e negativo no caso de turbina acoplada ao eixo (por exemplo, no caso de geração eólica).

### EMOT

Módulo da tensão interna atrás da reatância transitória  $X'$  da máquina de indução, em pu.

### IMOT

Módulo da corrente drenada pela máquina de indução, em pu.

## 15.4 Variáveis CDU de Máquinas de Indução Convencional

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores *CDU* associados no código *DMOT* ou por locais remotos de medição (*MIND* no código *DLOC*):

### WRMOT

*IMPORT DEFVAL*

Velocidade angular do rotor da máquina de indução convencional, em pu.

### SLIP

*IMPORT DEFVAL*

Escorregamento do rotor da máquina de indução convencional em relação à frequência nominal do sistema, em pu ( $slip = 1 - \omega_r$  pu). Ele é positivo para velocidade subsíncrona e negativo para velocidade supersíncrona.

### TMOT

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Torque mecânico da máquina de indução convencional, em pu. Ele é positivo para carga mecânica e negativo no caso de turbina acoplada ao eixo (por exemplo, no caso de geração eólica).

### PMOT

*IMPORT DEFVAL*

Potência elétrica ativa terminal consumida pela máquina de indução, em pu.

### QMOT

*IMPORT DEFVAL*

Potência elétrica reativa terminal consumida pela máquina de indução, em pu.

### PBMOT

*IMPORT DEFVAL*

Potência base para uma unidade da máquina de indução convencional, em MVA.

### 15.4.1 Local Remoto de Máquinas de Indução

O tipo *MIND* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA onde está conectado o elemento
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento associado à localização do sinal

## 15.5 Relés com atuação em Máquinas de Indução Convencional

Os seguintes modelos *built-in* de relés estão disponíveis com atuação em máquinas de indução no sistema (código *DREL*):

### DREL MD12

Relé de subtensão para desligamento de máquina de indução. Este relé têm por objetivo proteger máquina de indução contra subtensão (que provoca em geral sobrecorrente) e portanto, no caso de atuação, todas as unidades do grupo protegido serão desligadas.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra terminal do grupo de máquina de indução monitorado pelo relé
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de máquina de indução monitorado pelo relé.
<b>Ten</b>	Tensão de ajuste do relé de subtensão, em <i>pu</i> , a partir da qual a tensão na barra da máquina de indução é monitorada para a atuação do relé.
<b>Rel</b>	Relação percentual entre a tensão de reset do relé e a tensão de ajuste. Este valor <b>deve ser maior ou igual</b> a 100. Se deixado em branco será considerado o valor 100%.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé. Este dado <b>deve ser maior ou igual</b> a 0.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. Este dado <b>deve ser maior ou igual</b> a 0.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do grupo de máquina de indução.

**DREL MD13**

Relé de subfrequência para desligamento de motor de indução, com lógica de operação por frequência absoluta, taxa de variação de frequência e/ou por uma combinação destas. O objetivo deste relé é representar esquema de corte de cargas modeladas por motor de indução. A frequência usada para monitoração é a frequência calculada da barra terminal do motor de indução.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra.
<b>Ng</b>	Número de identificação do grupo de máquinas de indução operando como motor. Este campo em conjunto com o campo <i>Nb</i> , servem para localizar onde está conectado o relé de subfrequência.
<b>L</b>	Letra relativa à lógica de alívio de carga do relé de subfrequência: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A - frequência absoluta</li> <li>• T - taxa de variação de frequência</li> <li>• O - frequência absoluta ou taxa de variação de frequência</li> </ul>
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H - frequência em hertz (<i>Hz</i>)</li> <li>• P - frequência em <i>pu</i>. Caso este campo não seja preenchido, assume-se dados de frequência em <i>pu</i>.</li> </ul>
<b>Fs</b>	Frequência de supervisão, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Frequência a partir da qual o cálculo da taxa de variação de frequência é ativado para o corte de carga modelada como motor de indução. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ter valor abaixo</b> de 1.0.
<b>Fc</b>	Frequência de corte, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Frequência na qual o cálculo da taxa de variação de frequência é efetuado para o corte de carga modelada como motor de indução. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ter valor abaixo</b> do fornecido no campo <i>Fs</i> .
<b>Tax</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o corte de carga modelada como motor de indução, em <i>pu/s</i> ou <i>Hz/s</i> , conforme campo <i>H</i> . Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ter valor positivo</b> .
<b>Fr</b>	Frequência de ajuste para o corte de carga modelada como motor de indução por frequência absoluta, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta e <b>deve ter valor abaixo</b> de 1.0 <i>pu</i> .
<b>U</b>	Número de unidades de motor de indução a serem desligadas do grupo em que o relé está conectado. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> . Se for deixado em branco assume-se o valor 1.
<b>Ttx</b>	Temporização de retardo total do relé por taxa de variação de frequência, em segundos. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ser maior ou igual</b> a 0.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé de frequência
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em

## 15.6 Códigos Relacionados

Modelo Dinâmico e Associação: *DMOT*

Modelos para Turbina Personalizados: *ACDU DCDU DTDU*

Dados Complementares: *DREL*

Outros: *DCEN DEVT DLOC DPLT*



## Máquinas Síncronas



Itaipu Dam, Paraguay/Brazil - IHA

Podem ser representados 3 tipos de modelo de gerador: modelo clássico (incluindo modelo de barra infinita), modelo de polos salientes e modelo de rotor liso. Nestes dois últimos modelos é possível representar a saturação. A cada barra de geração definida no programa *Anarede*, pode-se associar várias máquinas equivalentes (grupos de máquinas) através do código *DMAQ*, as quais por sua vez podem englobar várias unidades geradoras iguais. As máquinas não modeladas são automaticamente convertidas para impedâncias constantes. Unidades de máquinas podem ser desligadas através do código *DEVT* (evento *RMGR*).

Para se definir uma máquina no *Anatem*, é preciso antes definir o modelo do gerador (*DMDG*), o modelo da curva de saturação (*DCST*) e controladores de tensão, velocidade e estabilizador, que podem estar representados por modelos *built-in* (*DRGT*, *DRGV* e *DEST*) ou modelos CDU (*DCDU*, *ACDU*). Após estes modelos estarem definidos, é possível associá-los a uma barra do *Anarede* por meio do código *DMAQ*.

---

**Nota:** “Máquinas síncronas” é um termo guarda-chuva e que vale tanto para “gerador síncrono” quanto para “compensador síncrono”.

---

### Ver também:

Consulte a seção *Equação de Oscilação do Anatem* para maiores detalhes acerca de opções de execução que alteram o comportamento do programa.

## 16.1 Modelos Predefinidos de Máquina Síncrona

A definição de modelo predefinido de máquina síncrona consiste na escolha de um modelo de máquina síncrona (modelo clássico, modelo de polos lisos e modelo de polos salientes), seus parâmetros elétricos e o modelo da curva de saturação a ser definida pelo código *DCST*.

As opções *MD01* a *MD03* são utilizadas para ativação da leitura de dados dos respectivos tipos de modelo de máquina síncrona. Somente uma destas opções pode ser ativada em cada execução do código *DMDG*.

**Dica:** Para a definição de barra infinita, basta preencher os campos de identificação (**No**) e frequência (**Fr**) na opção *MD01*.

### Ver também:

Consulte a seção *Equação de Oscilação da Máquina Síncrona* para mais informações sobre opções de execução quem alteram o comportamento da equação de oscilação da máquina síncrona.

### 16.1.1 Modelo clássico

#### DMDG MD01

Modelo Clássico de máquina síncrona com fonte de tensão constante em série com a reatância transitória de eixo direto. A régua definição do modelo clássico, a menos de barra infinita, exige o preenchimento dos seguintes parâmetros:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de máquina síncrona
<b>L'd</b>	Indutância transitória de eixo direto, em %
<b>Ra</b>	Resistência do enrolamento de armadura, em % ( <i>default</i> = 0)
<b>H</b>	Constante de inércia, em segundos. Representa a relação entre a energia cinética armazenada no grupo turbina-gerador, à velocidade síncrona, e a potência aparente nominal da máquina
<b>D</b>	Constante de amortecimento, em pu/pu. Representa a relação entre a potência de amortecimento, em pu na base da máquina e a variação da velocidade do rotor em pu na base da velocidade síncrona ( <i>default</i> = 0)
<b>MVA</b>	Potência aparente nominal da máquina, em MVA, usada como base para os parâmetros
<b>Fr</b>	Frequência síncrona da máquina, em Hz ( <i>default</i> = 60)
<b>C</b>	Também referida como “opção <i>CORFREQ</i> ”. Indica se será considerada ( <i>S</i> ) ou não ( <i>N</i> ) a <i>correção com a frequência nas equações de oscilação eletromecânica</i> e nas equações elétricas do gerador ( <i>default</i> = <i>N</i> )

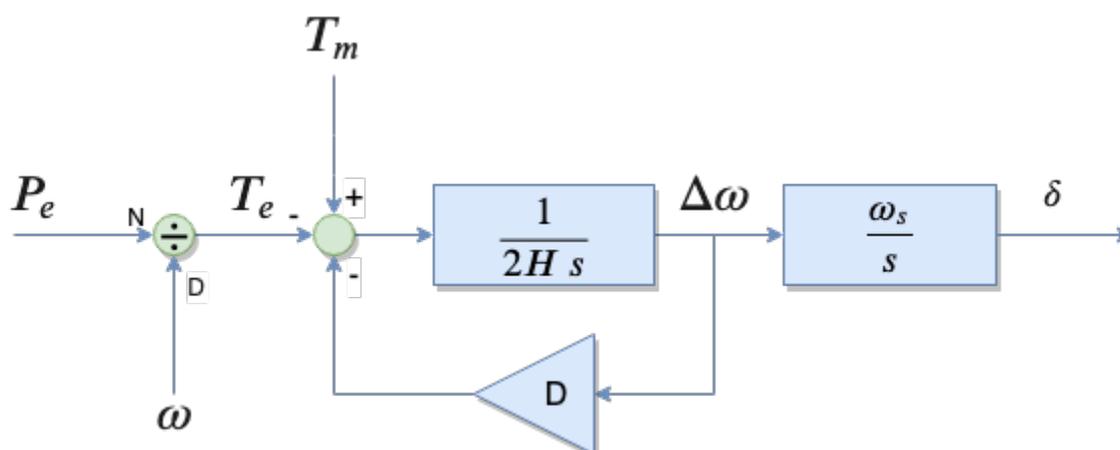


Fig. 16.1: Diagrama para a equação de oscilação eletromecânica

sendo:

$P_e$	potência elétrica ativa gerada pela máquina, em pu na base da máquina
$P_m$	potência mecânica da máquina, em pu na base da máquina
$\Delta\omega$	desvio da velocidade angular da máquina, em pu
$\omega$	velocidade angular da máquina, em pu
$\omega_s$	velocidade angular síncrona da máquina, em rad/s
$\delta$	ângulo absoluto do eixo q da máquina, em radianos

### 16.1.2 Modelo para geração hidráulica

#### DMDG MD02

Modelo de máquina síncrona de polos salientes com um enrolamento de campo e dois enrolamentos amortecedores sendo um no eixo direto e outro no eixo em quadratura. A saliência subtransitória é desprezada neste modelo. Este tipo de modelo de máquina é usualmente utilizado para a representação de usinas hidráulicas. Duas régua precisam ser preenchidas para este modelo. A primeira régua possui os seguintes parâmetros:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de máquina síncrona
<b>CS</b>	Número de identificação da curva de saturação, como definido no campo $N_c$ do código <i>DCST</i>
<b>Ld</b>	Indutância síncrona de eixo direto, em %
<b>Lq</b>	Indutância síncrona de eixo em quadratura, em %
<b>L'd</b>	Indutância transitória de eixo direto, em %
<b>L'd</b>	Indutância subtransitória de eixo direto, em %
<b>Ll</b>	Indutância de dispersão da armadura, em %
<b>T'd</b>	Constante de tempo transitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos
<b>T'd</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos
<b>T'q</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo em quadratura em circuito aberto, em segundos

A segunda régua possui os seguintes parâmetros:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de máquina síncrona
<b>Ra</b>	Resistência do enrolamento de armadura, em % ( <i>default = 0</i> )
<b>H</b>	Constante de inércia, em segundos. Representa a relação entre a energia cinética armazenada no grupo turbina-gerador, à velocidade síncrona, e a potência aparente nominal da máquina
<b>D</b>	Constante de amortecimento, em pu/pu. Representa a relação entre a potência de amortecimento, em pu na base da máquina e a variação da velocidade do rotor em pu na base da velocidade síncrona ( <i>default = 0</i> )
<b>MVA</b>	Potência aparente nominal da máquina, em MVA, usada como base para os parâmetros
<b>Fr</b>	Frequência síncrona da máquina, em Hz ( <i>default = 60</i> )
<b>C</b>	Também referida como “ <i>opção CORFREQ</i> ”. Indica se será considerada ( <i>S</i> ) ou não ( <i>N</i> ) a <i>correção com a frequência nas equações de oscilação eletromecânica</i> e nas equações elétricas do gerador ( <i>default = N</i> )

sendo:

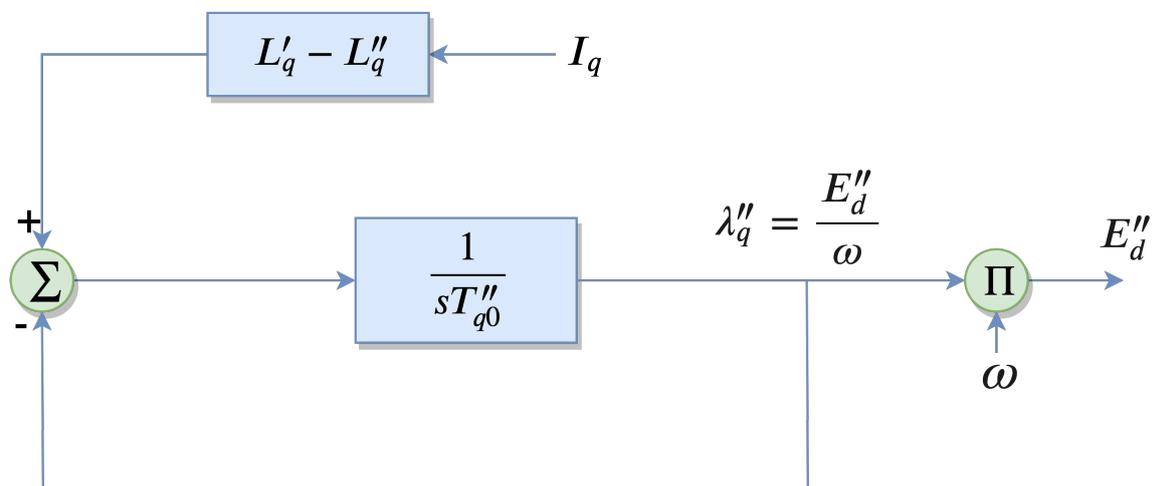


Fig. 16.2: Diagrama para as equações de eixo em quadratura de máquina com polos salientes

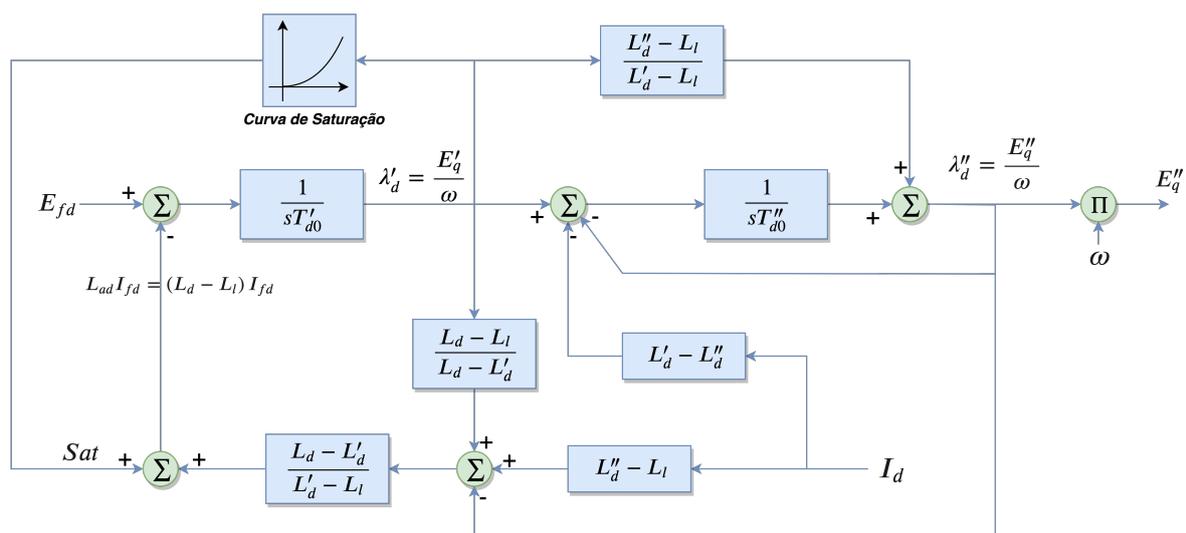


Fig. 16.3: Diagrama para as equações de eixo direto de máquina com polos salientes

$P_e$	potência elétrica ativa gerada pela máquina, em pu na base da máquina
$P_m$	potência mecânica da máquina, em pu na base da máquina
$\Delta\omega$	desvio da velocidade angular da máquina, em pu
$\omega$	velocidade angular da máquina, em pu
$\omega_s$	velocidade angular síncrona da máquina, em rad/s
$\delta$	ângulo absoluto do eixo q da máquina, em radianos
$E_{fd}$	tensão de campo da máquina, em pu
$E_q$	tensão proporcional à corrente de campo da máquina, em pu
$E'_d$	tensão transitória da máquina projetada no eixo d, em pu
$E'_q$	tensão transitória da máquina projetada no eixo q, em pu
$E''_d$	tensão subtransitória da máquina projetada no eixo d, em pu
$E''_q$	tensão subtransitória da máquina projetada no eixo q, em pu
$ E'' $	módulo da tensão subtransitória da máquina, em pu
$I_d$	corrente da armadura da máquina projetada no eixo d, em pu
$I_q$	corrente da armadura da máquina projetada no eixo q, em pu
$I_{fd}$	corrente de campo da máquina, em pu
$Sat$	saturação da máquina, em pu

### 16.1.3 Modelo para geração térmica

#### DMDG MD03

Modelo de máquina síncrona de rotor liso com um enrolamento de campo e três enrolamentos amortecedores sendo um no eixo direto e dois no eixo em quadratura. Este tipo de modelo de máquina é usualmente utilizado para a representação de usinas térmicas. Duas réguas precisam ser preenchidas para este modelo. A primeira régua possui os seguintes parâmetros:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de máquina síncrona
<b>CS</b>	Número de identificação da curva de saturação, como definido no campo $N_c$ do código <i>DCST</i>
<b>Ld</b>	Indutância síncrona de eixo direto, em %
<b>Lq</b>	Indutância síncrona de eixo em quadratura, em %
<b>L'd</b>	Indutância transitória de eixo direto, em %
<b>L'q</b>	Indutância transitória de eixo em quadratura, em %
<b>L''d</b>	Indutância subtransitória de eixo direto, em %
<b>LI</b>	Indutância de dispersão da armadura, em %
<b>T'd</b>	Constante de tempo transitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos
<b>T'q</b>	Constante de tempo transitória de eixo em quadratura em circuito aberto, em segundos
<b>T''d</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos
<b>T''q</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo em quadratura em circuito aberto, em segundos

A segunda régua possui os seguintes parâmetros:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de máquina síncrona
<b>Ra</b>	Resistência do enrolamento de armadura, em % ( <i>default = 0</i> )
<b>H</b>	Constante de inércia, em segundos. Representa a relação entre a energia cinética armazenada no grupo turbina-gerador, à velocidade síncrona, e a potência aparente nominal da máquina
<b>D</b>	Constante de amortecimento, em pu/pu. Representa a relação entre a potência de amortecimento, em pu na base da máquina e a variação da velocidade do rotor em pu na base da velocidade síncrona ( <i>default = 0</i> )
<b>MVA</b>	Potência aparente nominal da máquina, em MVA, usada como base para os parâmetros
<b>Fr</b>	Frequência síncrona da máquina, em Hz ( <i>default = 60</i> )
<b>C</b>	Também referida como “ <i>opção CORFREQ</i> ”. Indica se será considerada ( <i>S</i> ) ou não ( <i>N</i> ) a <i>correção com a frequência nas equações de oscilação eletromecânica</i> e nas equações elétricas do gerador ( <i>default = N</i> )

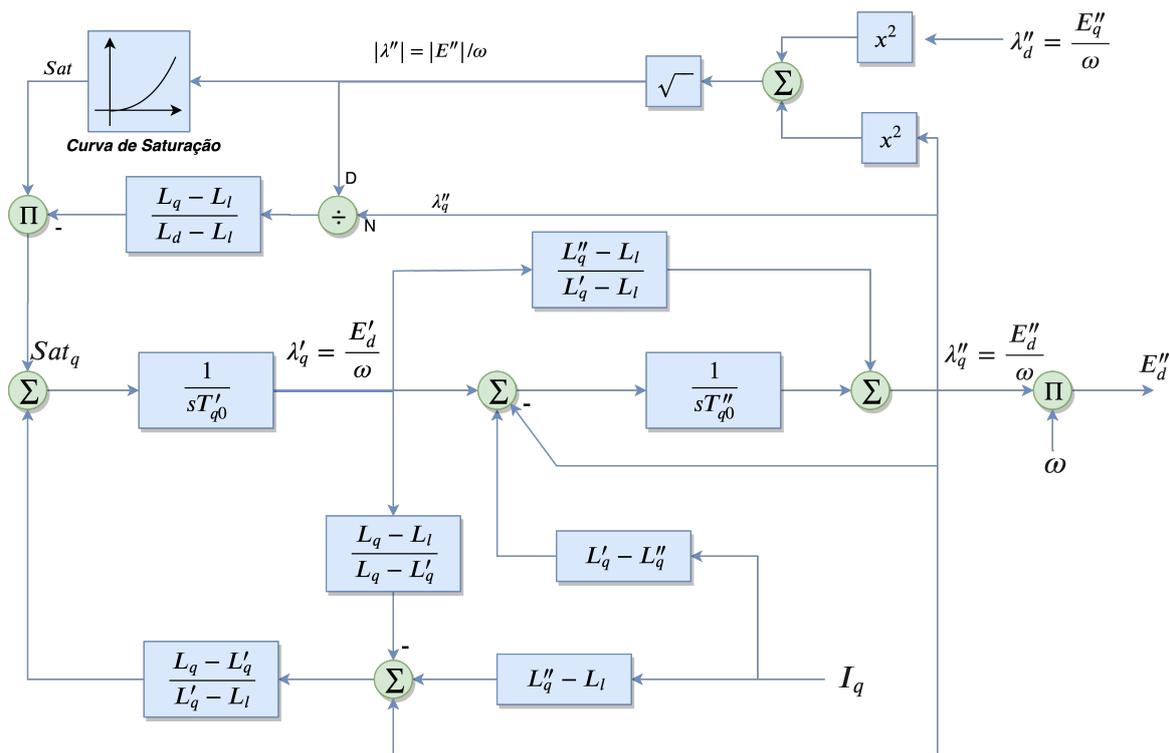


Fig. 16.4: Diagrama para as equações de eixo em quadratura de máquina com rotor liso

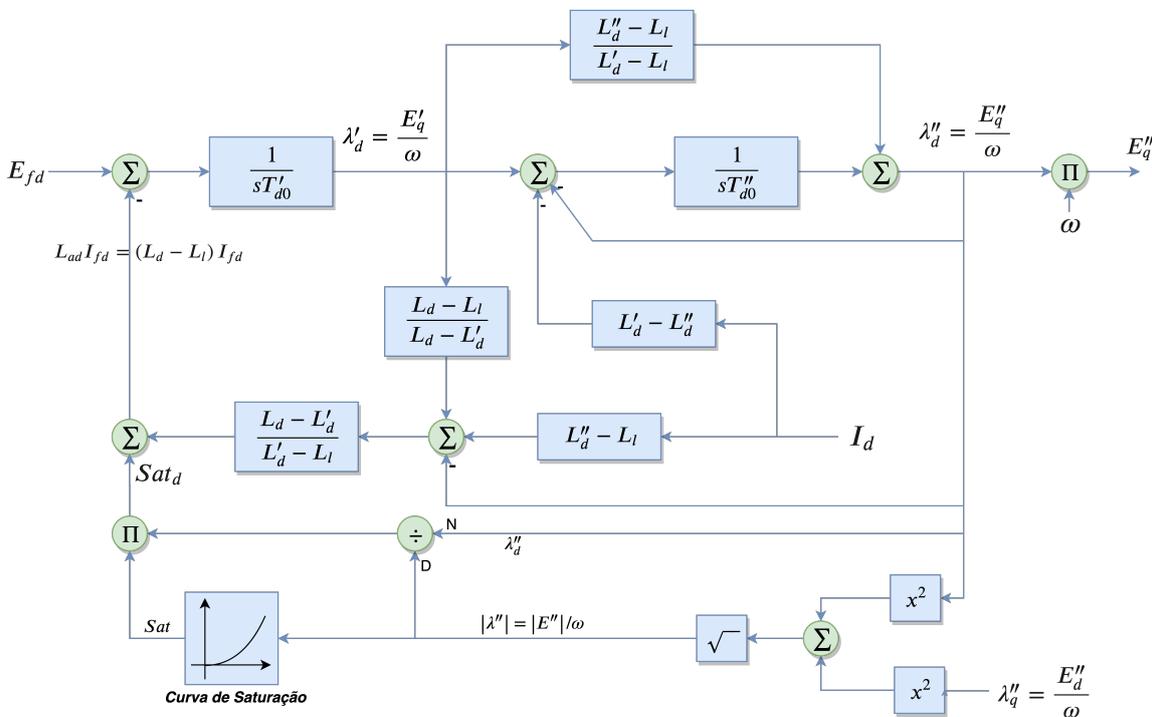


Fig. 16.5: Diagrama para as equações de eixo direto de máquina com rotor liso

sendo:

$P_e$	potência elétrica ativa gerada pela máquina, em pu na base da máquina
$P_m$	potência mecânica da máquina, em pu na base da máquina
$\Delta\omega$	desvio da velocidade angular da máquina, em pu
$\omega$	velocidade angular da máquina, em pu
$\omega_s$	velocidade angular síncrona da máquina, em rad/s
$\delta$	ângulo absoluto do eixo q da máquina, em radianos
$E_{fd}$	tensão de campo da máquina, em pu
$E_q$	tensão proporcional à corrente de campo da máquina, em pu
$E'_d$	tensão transitória da máquina projetada no eixo d, em pu
$E'_q$	tensão transitória da máquina projetada no eixo q, em pu
$E''_d$	tensão subtransitória da máquina projetada no eixo d, em pu
$E''_q$	tensão subtransitória da máquina projetada no eixo q, em pu
$ E'' $	módulo da tensão subtransitória da máquina, em pu
$I_d$	corrente da armadura da máquina projetada no eixo d, em pu
$I_q$	corrente da armadura da máquina projetada no eixo q, em pu
$I_{fd}$	corrente de campo da máquina, em pu
$Sat_d$	saturação da máquina projetada no eixo d, em pu
$Sat_q$	saturação da máquina projetada no eixo q, em pu

## 16.2 Modelos de Curva de Saturação

As curvas de saturação dos modelos de geradores são definidas a parte, por meio de código próprio (*DCST*). O *Anatem* dispõe de quatro tipos de curvas de saturação, selecionadas a partir do preenchimento do campo **Tp** da régua de entrada de dados, conforme a relação a seguir:

<b>Nc</b>	Número de identificação da curva de saturação a ser utilizada no campo <b>Cs</b> do código <i>DMDG</i>
<b>Tipo</b>	Indica o tipo de equação usada para a curva de saturação
<b>P1</b>	Valor de $Y_1$ para os tipos 1, 3 e 4 ou valor de $A$ para o tipo 2
<b>P2</b>	Valor de $Y_2$ para os tipos 1, 3 e 4 ou valor de $B$ para o tipo 2
<b>P3</b>	Valor de $X_1$ para os tipos 1, 3 e 4 ou valor de $C$ para o tipo 2

**Ver também:**

Veja a entrada *Obtenção de Parâmetros da Curva de Saturação para Entrada de Dados no Anatem* para mais detalhes acerca da obtenção dos parâmetros a partir de curvas experimentais.

### 16.2.1 Modelos Exponenciais

#### Curva de saturação exponencial com descontinuidade (tipo 1)

Esta curva possui o seguinte equacionamento:

$$x < 0.75X_1 \Rightarrow y = 0$$

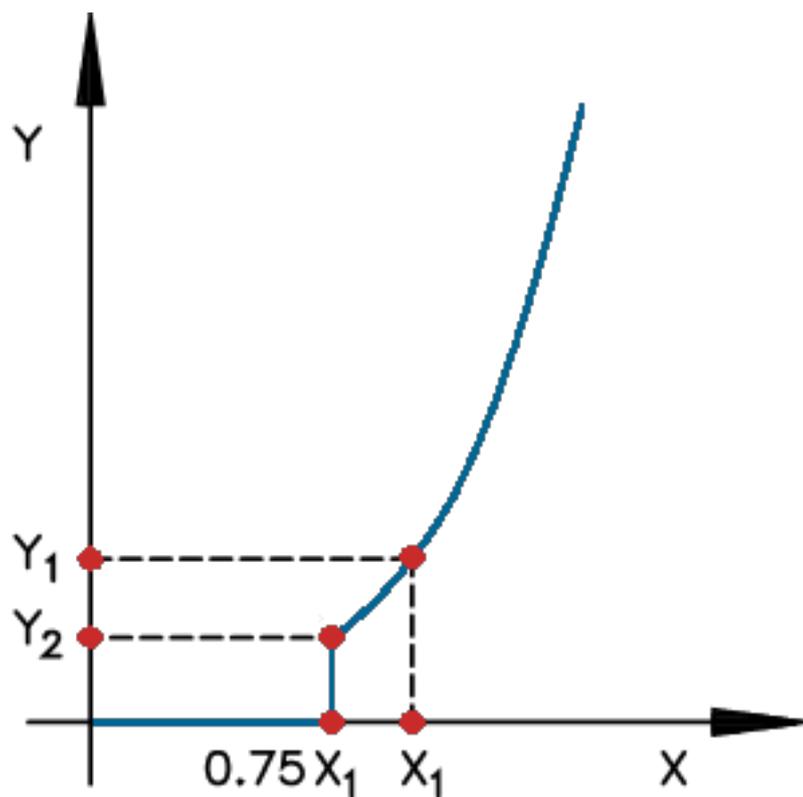
$$x \geq 0.75X_1 \Rightarrow y = Ae^{B(x-C)}$$

sendo:

$$A = Y_2$$

$$B = \frac{\ln\left(\frac{Y_1}{Y_2}\right)}{0.25X_1}$$

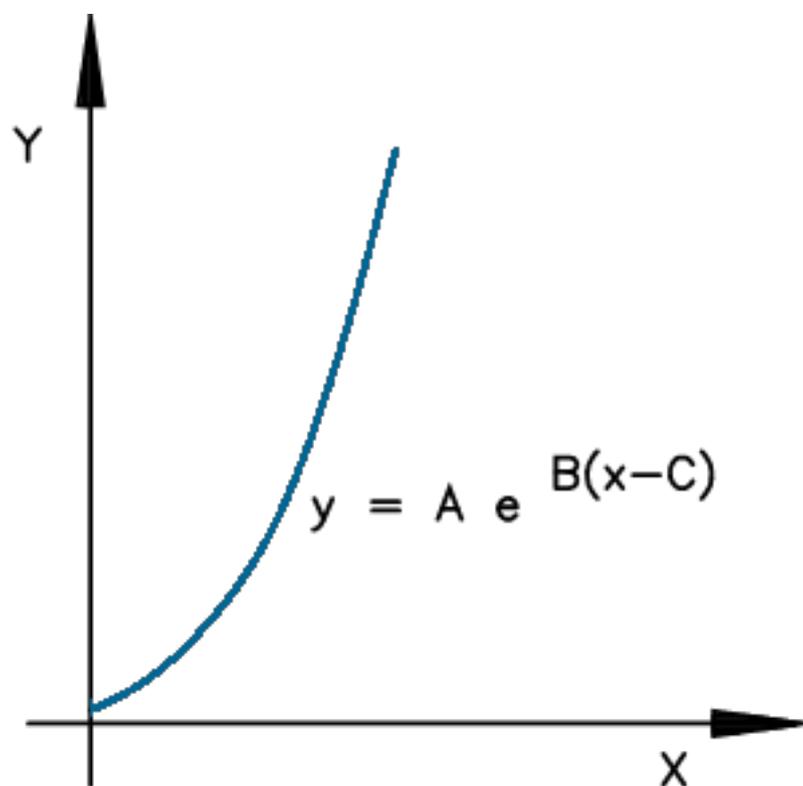
$$C = 0.75X_1$$



**Curva de saturação exponencial (tipo 2)**

Esta curva possui o seguinte equacionamento:

$$y = Ae^{B(x-C)}$$



## 16.2.2 Modelos Lineares

### Curva de saturação linear (tipo 3)

Esta curva possui o seguinte equacionamento:

$$x < C \Rightarrow y = 0$$

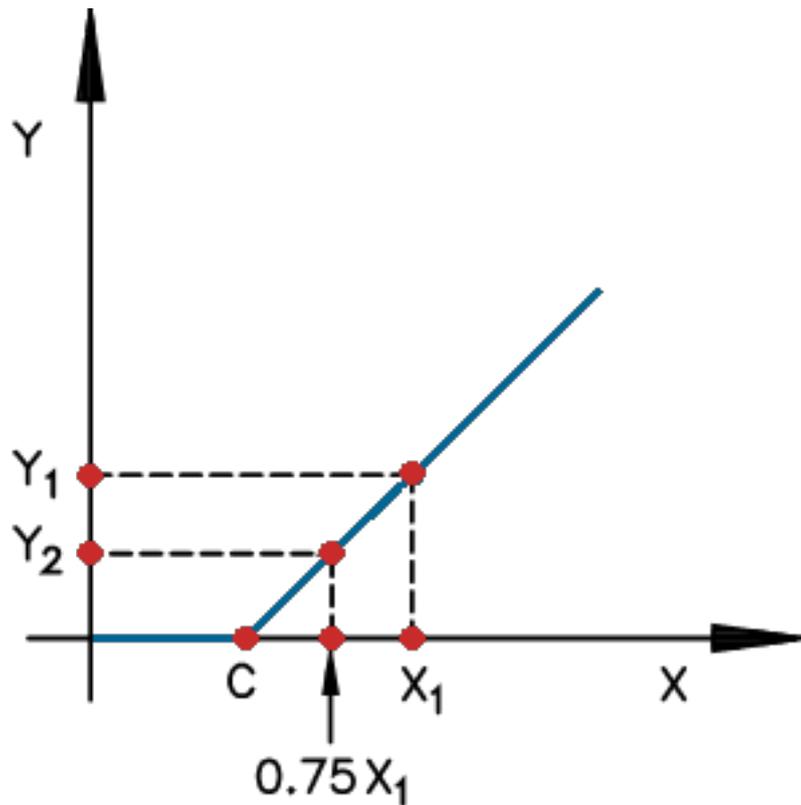
$$x \geq C \Rightarrow y = Ax + B$$

sendo:

$$A = \frac{Y_1 - Y_2}{0.25X_1}$$

$$B = Y_1 - AX_1$$

$$C = -\frac{B}{A}$$



### Curva de saturação linear por partes (tipo 4)

Esta curva possui o seguinte equacionamento:

$$x < 0.75X_1 \Rightarrow y = Cx$$

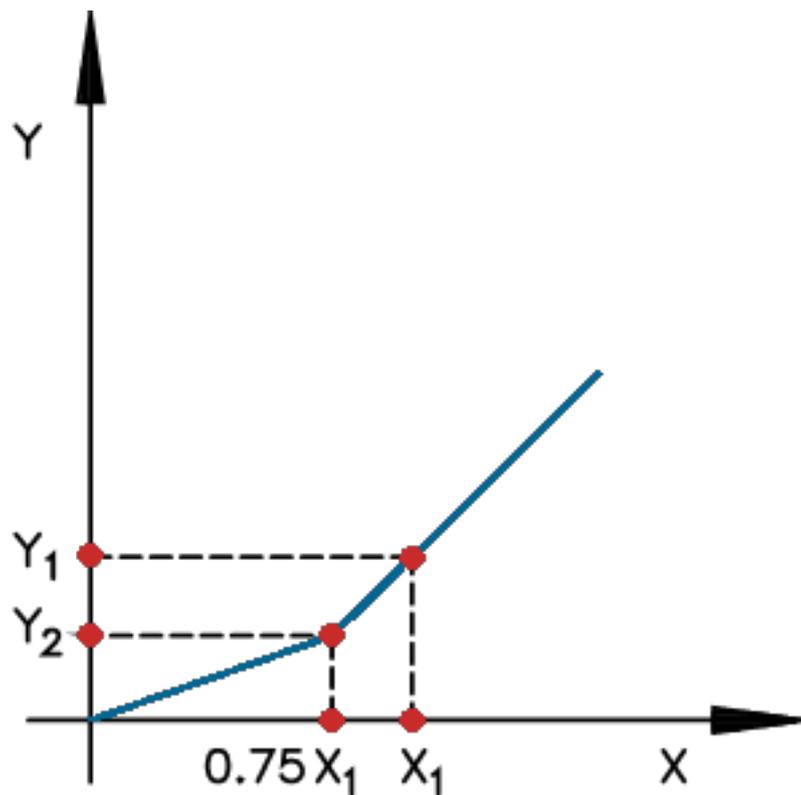
$$x \geq 0.75X_1 \Rightarrow y = Ax + B$$

sendo:

$$A = \frac{Y_1 - Y_2}{0.25X_1}$$

$$B = Y_1 - AX_1$$

$$C = -\frac{Y_2}{0.75X_1}$$



### 16.3 Modelos Predefinidos de Regulador de Tensão e Excitatriz

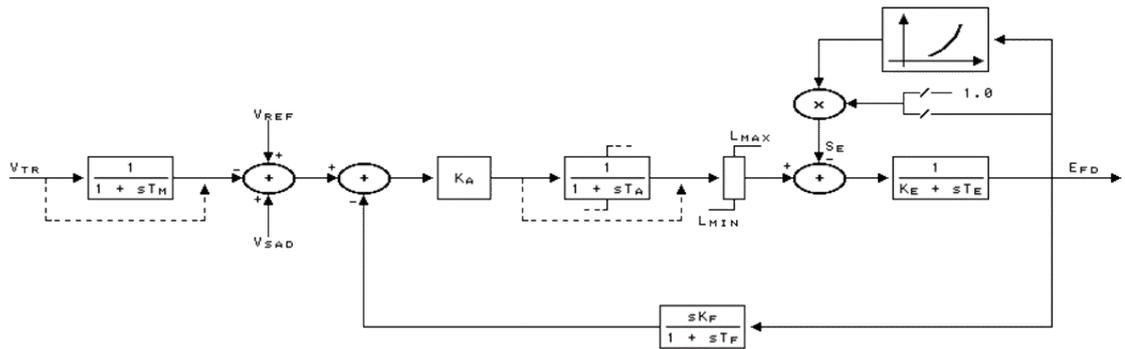
O programa dispõe de 24 modelos predefinidos de regulador de tensão (dados fornecidos pelo código *DRGT*). O regulador de tensão engloba as partes do sistema de controle e da excitatriz. Determinados modelos possuem entrada para sinal estabilizante. A associação de modelo de regulador de tensão com a respectiva máquina é feita através do código *DMAQ*.

As opções MD01 a MD24 são utilizadas para ativação da leitura de dados dos respectivos tipos de modelo de regulador de tensão. Somente uma destas opções pode ser ativada em cada execução do código *DRGT*.

**Dica:** Reguladores de tensão que não se enquadrem nos modelos predefinidos podem ser representados por *Controladores Definidos pelo Usuário*, por meio do código *DCDU*

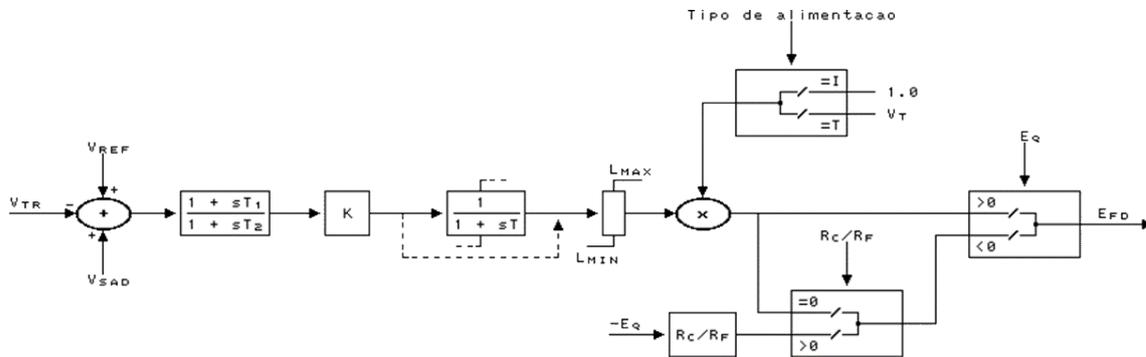
**Atenção:** As linhas tracejadas correspondem a “*by-pass*” do bloco caso a constante de tempo seja nula. As linhas tracejadas em limitadores indicam que estes podem ser dinâmicos ou estáticos.

#### DRGT MD01



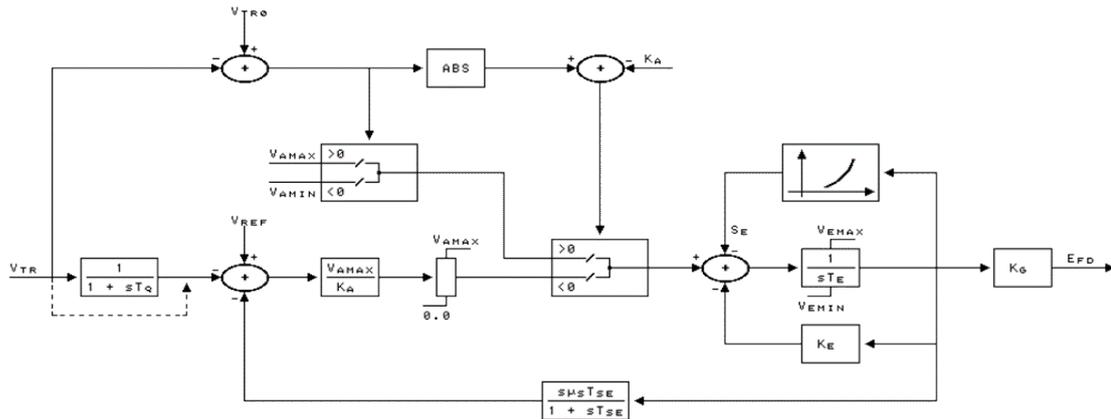
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Cs</b>	Número de identificação da curva de saturação como definido no campo <i>Nc</i> do código <i>DCST</i>
<b>Ka</b>	Ganho do regulador de tensão, em pu/pu
<b>Ke</b>	Parâmetro da excitatriz, adimensional
<b>Kf</b>	Ganho do circuito de realimentação derivativa, em segundos
<b>Tm</b>	Constante de tempo do transdutor de tensão, em segundos
<b>Ta</b>	Constante de tempo do regulador de tensão, em segundos
<b>Te</b>	Constante de tempo da excitatriz, em segundos
<b>Tf</b>	Constante de tempo do circuito de realimentação derivativa, em segundos
<b>Lmn</b>	Limite inferior da tensão de saída do regulador de tensão, em pu
<b>Lmx</b>	Limite superior da tensão de saída do regulador de tensão, em pu
<b>L</b>	Letra <i>D</i> , se o limitador for dinâmico, ou letra <i>E</i> caso seja estático
<b>S</b>	Letra <i>D</i> caso a saída da curva de saturação seja multiplicada pela tensão de campo ou letra <i>I</i> caso contrário

**DRGT MD02**



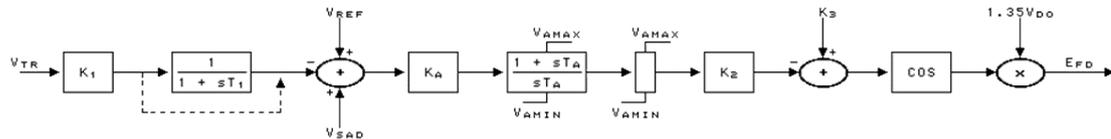
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Ka</b>	Ganho do sistema de excitação, em pu/pu
<b>T</b>	Constante de tempo efetiva na ação de regulação de tensão, em segundos
<b>T1</b>	Constante de tempo de avanço do compensador de fase do regulador de tensão, em segundos
<b>T2</b>	Constante de tempo de atraso do compensador de fase do regulador de tensão, em segundos
<b>Lmn</b>	Limite inferior da tensão de saída do regulador de tensão, em pu
<b>Lmx</b>	Limite superior da tensão de saída do regulador de tensão, em pu
<b>Rcf</b>	Relação entre a resistência de descarga do circuito de campo para tensão inversa e a resistência normal do enrolamento para sistemas de excitação sem capacidade de corrente negativa. Se existir capacidade para corrente negativa, entre neste campo com o valor zero
<b>L</b>	Letra <i>D</i> , se o limitador for dinâmico, ou letra <i>E</i> caso seja estático
<b>F</b>	Tipo de alimentação da ponte retificadora principal do sistema de excitação: letra <i>T</i> para alimentação a partir dos terminais do gerador ou letra <i>I</i> para alimentação independente ( $Vt = 1.0$ pu).

**DRGT MD03**



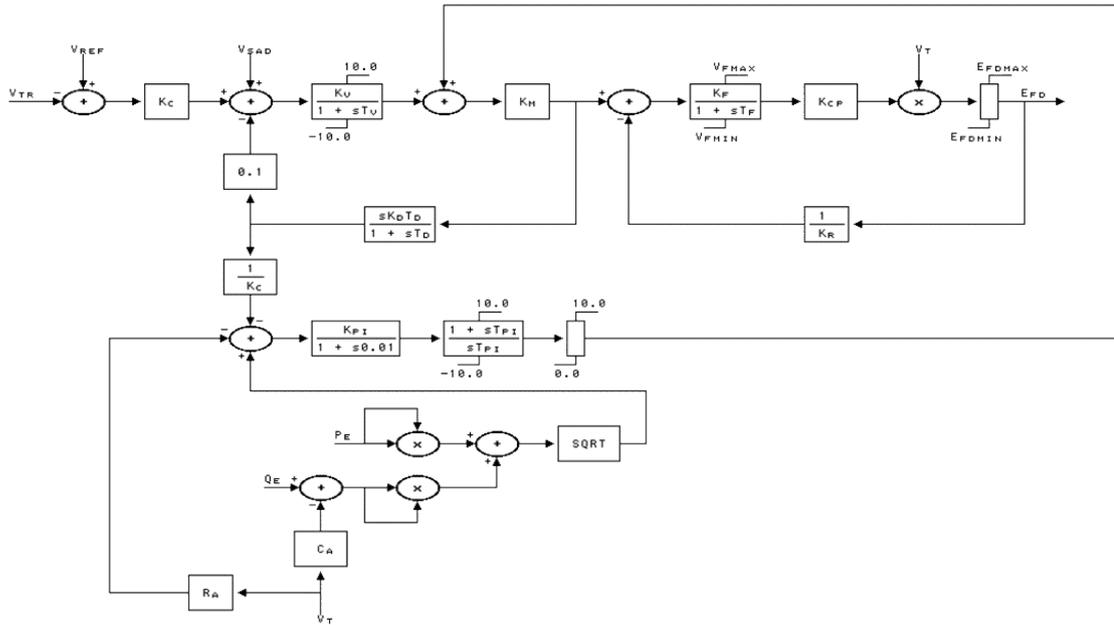
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Cs</b>	Número de identificação da curva de saturação como definido no campo <i>Nc</i> do código <i>DCST</i>
<b>Ka</b>	Desvio mínimo de tensão para operação no modo de desvios de maior amplitude relativa, em pu
<b>Ke</b>	Parâmetro da excitatriz, adimensional
<b>Kg</b>	Ganho, adimensional
<b>Ms</b>	Ganho de realimentação derivativa em altas frequências, adimensional
<b>Tq</b>	Constante de tempo do transdutor de tensão, em segundos
<b>Te</b>	Constante de tempo da excitatriz, em segundos
<b>Tse</b>	Constante de tempo do circuito de realimentação derivativa, em segundos
<b>Van</b>	Limite inferior da tensão de alimentação da excitatriz na operação no modo de desvios de maior amplitude, em pu
<b>Vax</b>	Limite superior da tensão de alimentação da excitatriz na operação no modo de desvios de maior amplitude, em pu
<b>Ven</b>	Limite inferior da tensão de saída da excitatriz, em pu
<b>Vex</b>	Limite superior da tensão de saída da excitatriz, em pu

**DRGT MD04**



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Ka</b>	
<b>K1</b>	
<b>K2</b>	
<b>K3</b>	
<b>Ta</b>	
<b>T1</b>	
<b>Vdo</b>	
<b>Van</b>	
<b>Vax</b>	

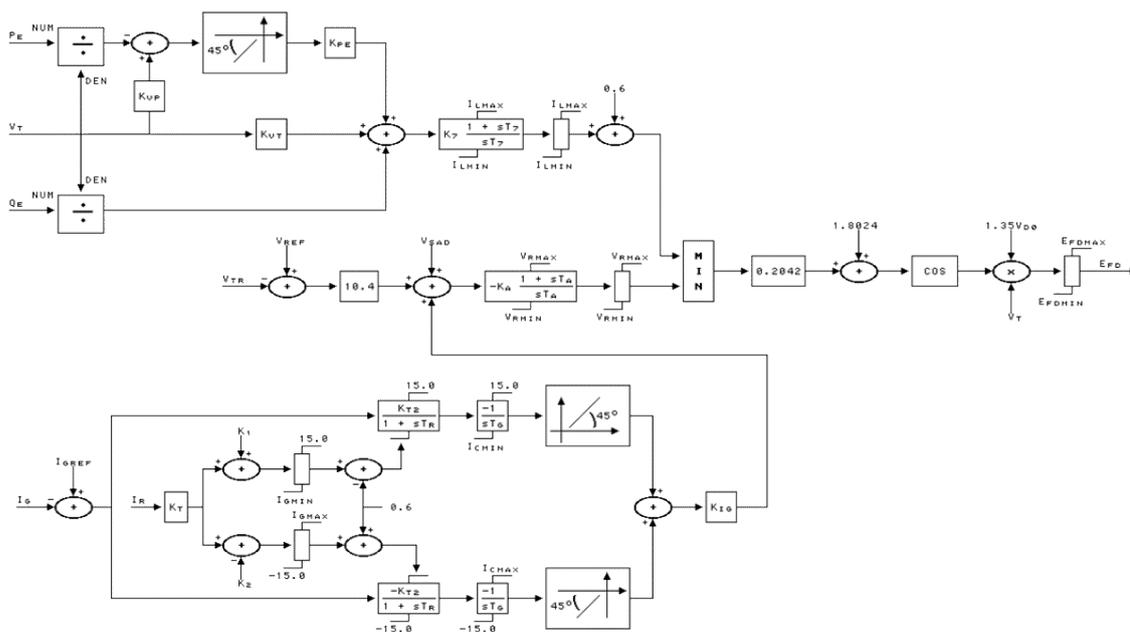
**DRGT MD05**



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Kc</b>	
<b>Kv</b>	
<b>Km</b>	
<b>Kd</b>	
<b>Kf</b>	
<b>Kcp</b>	
<b>Kr</b>	
<b>Kpi</b>	
<b>Tv</b>	
<b>Td</b>	
<b>Tf</b>	
<b>Tpi</b>	
<b>Ra</b>	

<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Ca</b>	
<b>Vfn</b>	
<b>Vfx</b>	
<b>Efn</b>	
<b>Efx</b>	

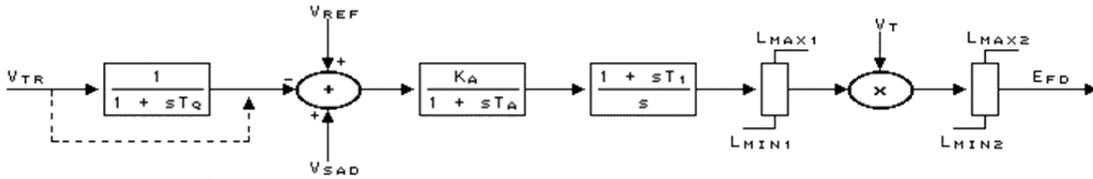
DRGT MD06



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Ka</b>	
<b>Kt</b>	
<b>K1</b>	
<b>K2</b>	
<b>Kt2</b>	
<b>Kig</b>	
<b>Kvt</b>	
<b>Kvp</b>	
<b>Kpe</b>	
<b>K7</b>	
<b>Vdo</b>	
<b>Ta</b>	
<b>Tg</b>	

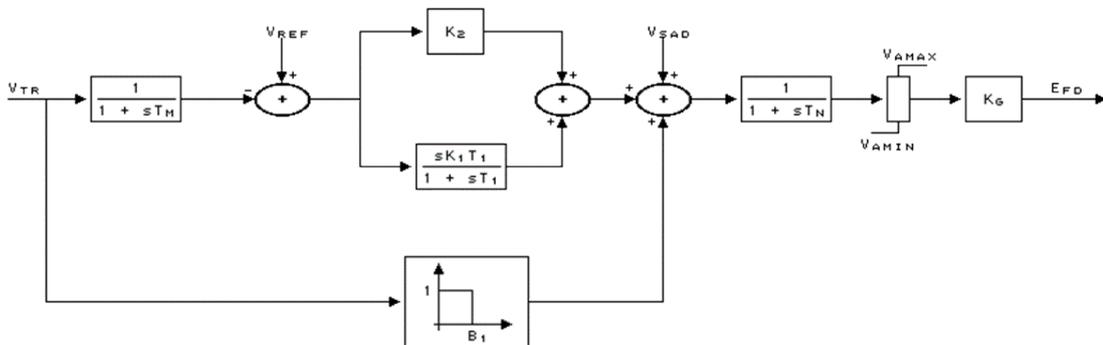
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Tr</b>	
<b>T7</b>	
<b>Vrn</b>	
<b>Vrx</b>	
<b>Efn</b>	
<b>Efx</b>	
<b>Ign</b>	
<b>Igx</b>	
<b>Icn</b>	
<b>Icx</b>	
<b>lln</b>	
<b>llx</b>	
<b>Igr</b>	Corrente de referência

DRGT MD07



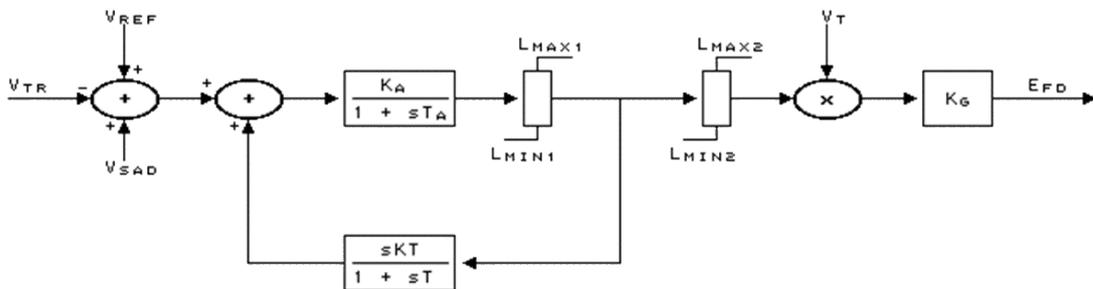
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Ka</b>	
<b>Tq</b>	
<b>Ta</b>	
<b>T1</b>	
<b>Ln1</b>	
<b>Lx1</b>	
<b>Ln2</b>	
<b>Lx2</b>	

**DRGT MD08**



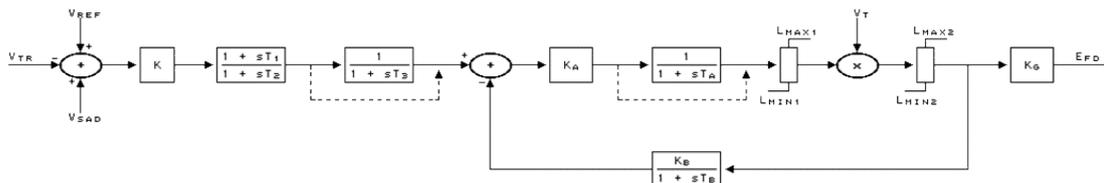
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>K1</b>	
<b>K2</b>	
<b>Kg</b>	
<b>Tm</b>	
<b>T1</b>	
<b>Tn</b>	
<b>B1</b>	
<b>Van</b>	
<b>Vax</b>	

**DRGT MD09**



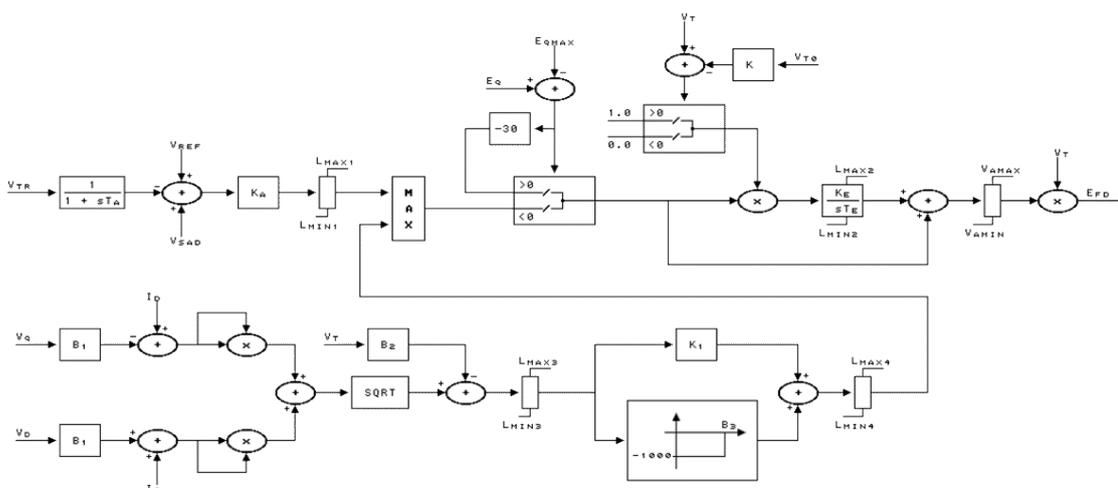
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Ka</b>	
<b>Kg</b>	
<b>T</b>	
<b>Ta</b>	
<b>Ln1</b>	
<b>Lx1</b>	
<b>Ln2</b>	
<b>Lx2</b>	

**DRGT MD10**



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>K</b>	
<b>Ka</b>	
<b>Kb</b>	
<b>Kg</b>	
<b>T1</b>	
<b>T2</b>	
<b>T3</b>	
<b>Ta</b>	
<b>Tb</b>	
<b>Ln1</b>	
<b>Lx1</b>	
<b>Ln2</b>	
<b>Lx2</b>	

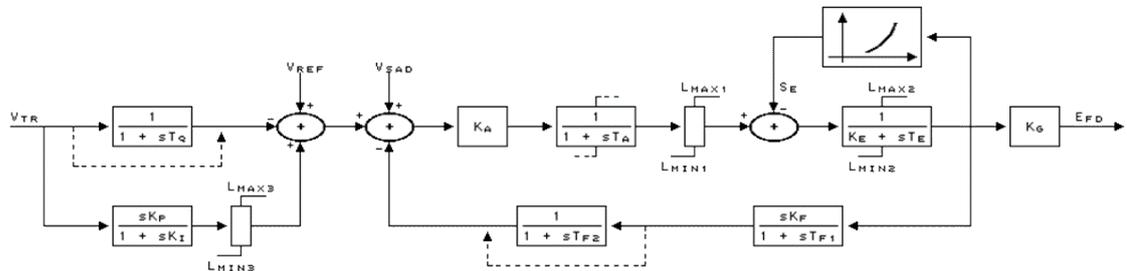
**DRGT MD11**



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>K</b>	
<b>Ka</b>	
<b>Ke</b>	
<b>K1</b>	
<b>B1</b>	
<b>B2</b>	
<b>B3</b>	
<b>Ta</b>	
<b>Te</b>	
<b>Van</b>	
<b>Vax</b>	
<b>Ln1</b>	
<b>Lx1</b>	

<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Ln2</b>	
<b>Lx2</b>	
<b>Ln3</b>	
<b>Lx3</b>	
<b>Ln4</b>	
<b>Lx4</b>	
<b>Eqo</b>	Valor inicial máximo para Eq
<b>Eqx</b>	

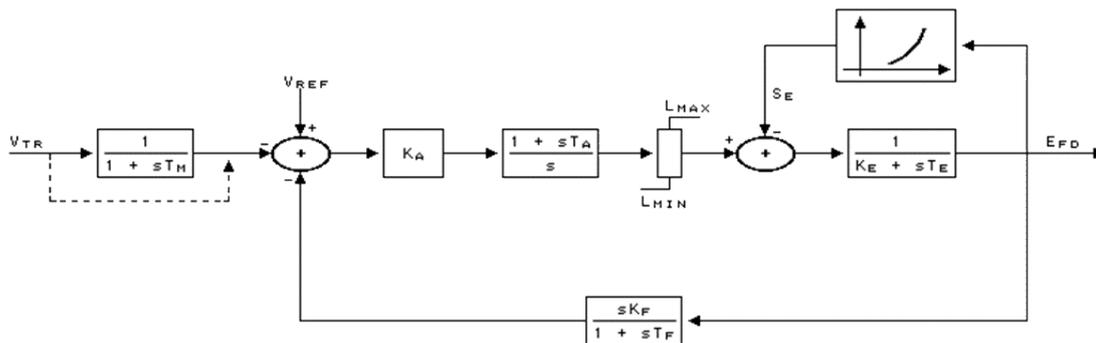
**DRGT MD12**



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>CS</b>	Número de identificação da curva de saturação, como definido no campo Curva de Saturação do código <i>DCST</i>
<b>Ka</b>	
<b>Ke</b>	
<b>Kf</b>	
<b>Kp</b>	
<b>Ki</b>	
<b>Kg</b>	
<b>Tq</b>	
<b>Ta</b>	
<b>Te</b>	
<b>Tf1</b>	
<b>Tf2</b>	

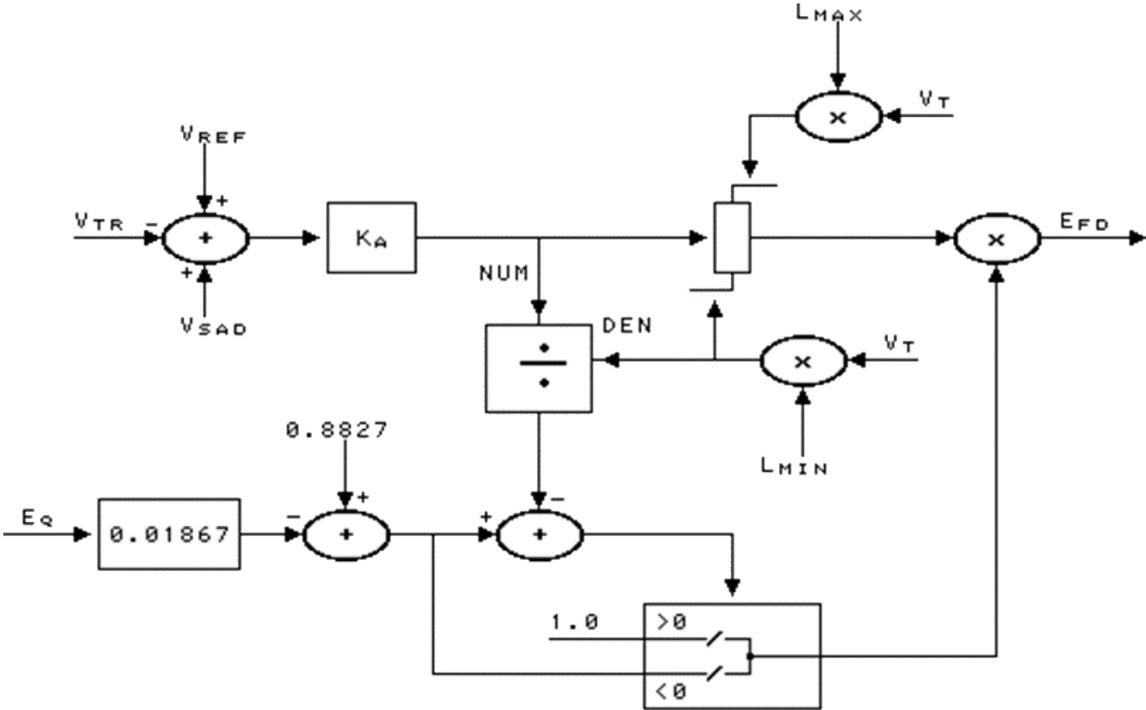
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Ln1</b>	
<b>Lx1</b>	
<b>Ln2</b>	
<b>Lx2</b>	
<b>Ln3</b>	
<b>Lx3</b>	
<b>L</b>	Letra <i>D</i> , se o limitador for dinâmico, ou letra <i>E</i> caso seja estático

**DRGT MD13**



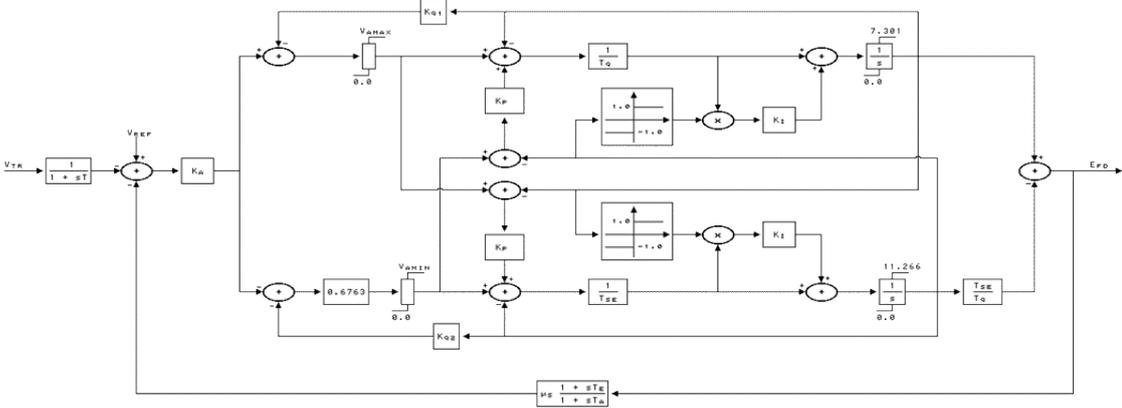
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>CS</b>	Número de identificação da curva de saturação, como definido no campo <i>Nc</i> do código <i>DCST</i>
<b>Ka</b>	
<b>Ke</b>	
<b>Kf</b>	
<b>Tm</b>	
<b>Ta</b>	
<b>Te</b>	
<b>Tf</b>	
<b>Lmn</b>	
<b>Lmx</b>	

**DRGT MD14**



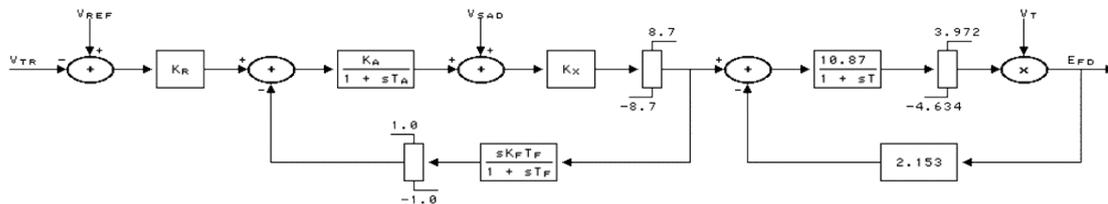
No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
Ka	
Lmn	
Lmx	

DRGT MD15



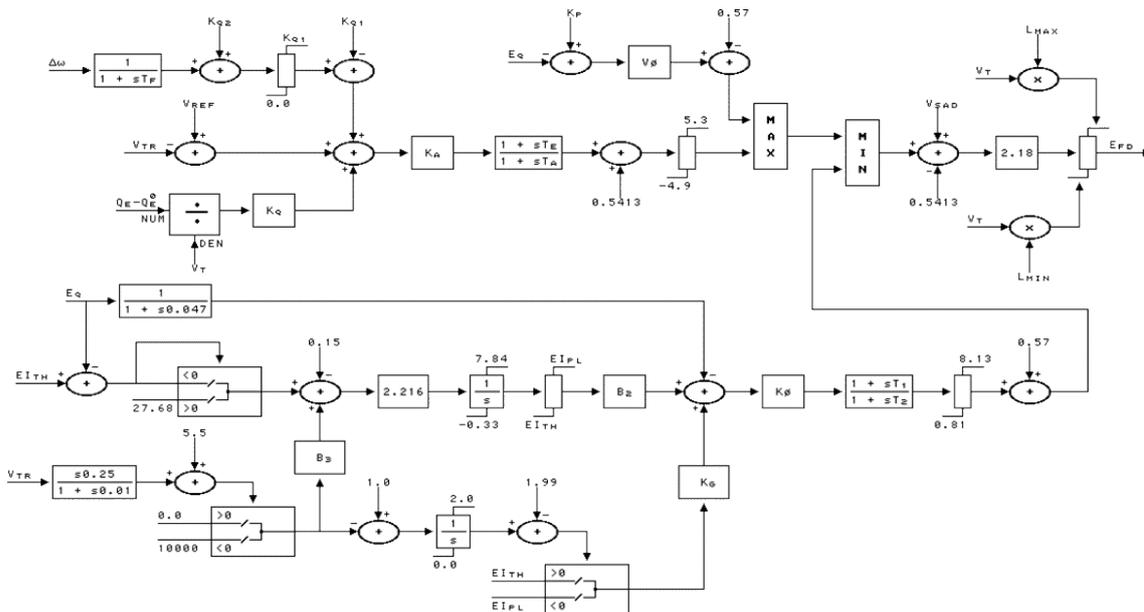
No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
Ka	
Kq1	
Kq2	
Kp	
Ki	
Ms	
T	
Ta	
Te	
Tq	
Tse	
Van	
Vax	

**DRGT MD16**



No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
Kr	
Ka	
Kf	
Kx	
T	
Ta	
Tf	
Vax	

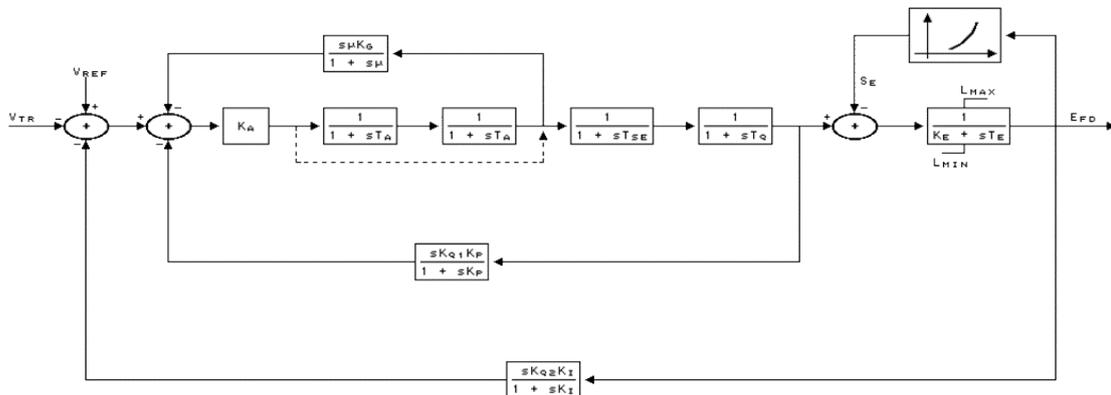
**DRGT MD17**



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Kq</b>	
<b>Kq1</b>	
<b>Kq2</b>	
<b>Ka</b>	
<b>Kp</b>	
<b>Kfi</b>	
<b>Kg</b>	
<b>B2</b>	
<b>B3</b>	
<b>Vfi</b>	
<b>Tf</b>	
<b>Te</b>	
<b>Ta</b>	

<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>T1</b>	
<b>T2</b>	
<b>Lmn</b>	
<b>Lmx</b>	
<b>Eth</b>	
<b>Epl</b>	

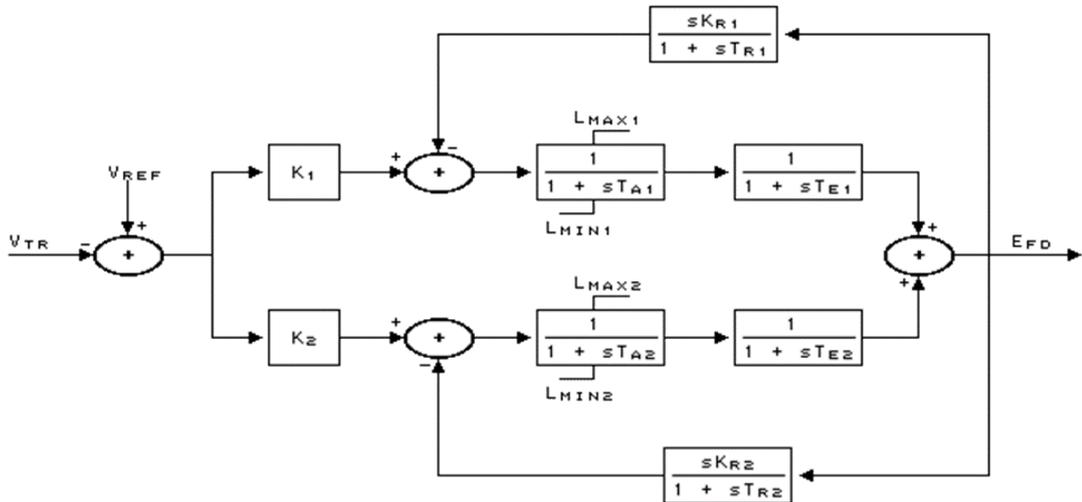
**DRGT MD18**



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>CS</b>	Número de identificação da curva de saturação, como definido no campo <i>Nc</i> do código <i>DCST</i>
<b>Ka</b>	
<b>Ke</b>	
<b>Kq</b>	
<b>Kp</b>	
<b>Ki</b>	
<b>Kq1</b>	
<b>Kq2</b>	
<b>Ta</b>	
<b>Tse</b>	
<b>Tq</b>	
<b>Te</b>	

<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Lmn</b>	
<b>Lmx</b>	

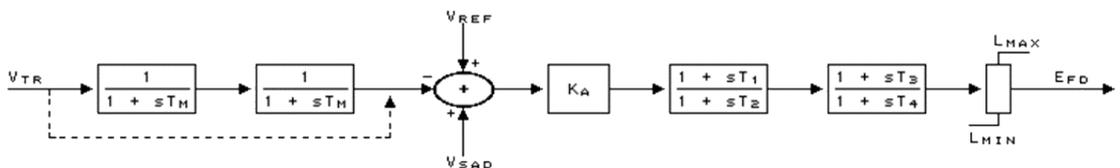
**DRGT MD19**



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>K1</b>	
<b>Ta1</b>	
<b>Ln1</b>	
<b>Lx1</b>	
<b>Te1</b>	
<b>k2</b>	
<b>Ta2</b>	
<b>Ln2</b>	
<b>Lx2</b>	
<b>Te2</b>	

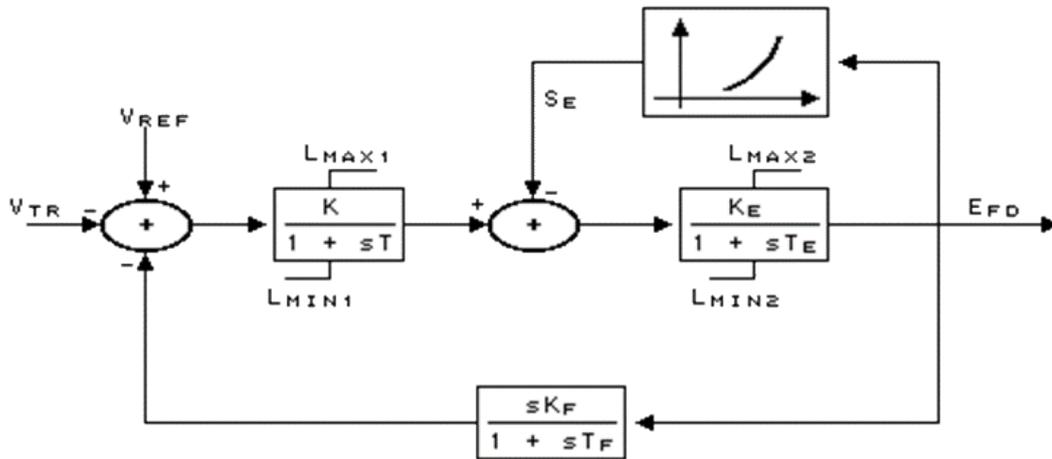
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Kr1</b>	
<b>Tr1</b>	
<b>Kr2</b>	
<b>Tr2</b>	

**DRGT MD20**



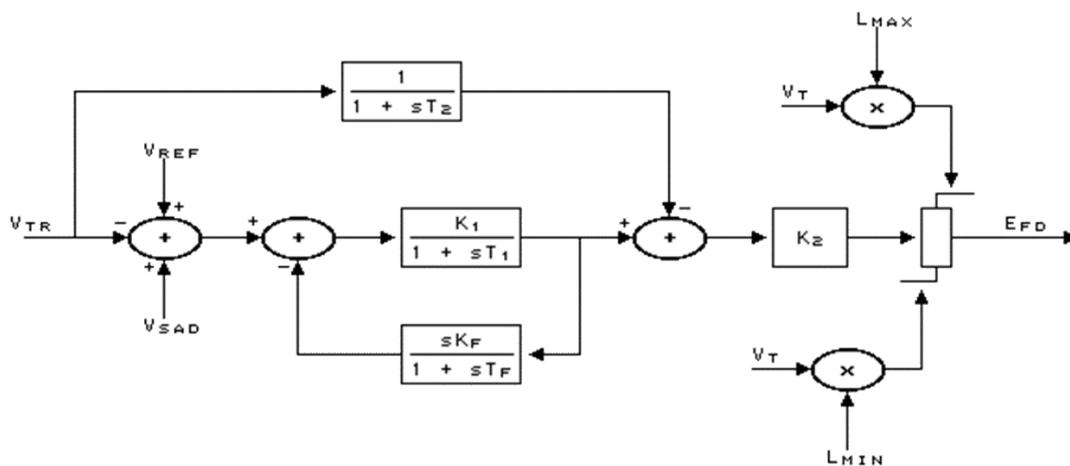
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Tm</b>	
<b>Ka</b>	
<b>T1</b>	
<b>T2</b>	
<b>T3</b>	
<b>T4</b>	
<b>Lmn</b>	
<b>Lmx</b>	

**DRGT MD21**



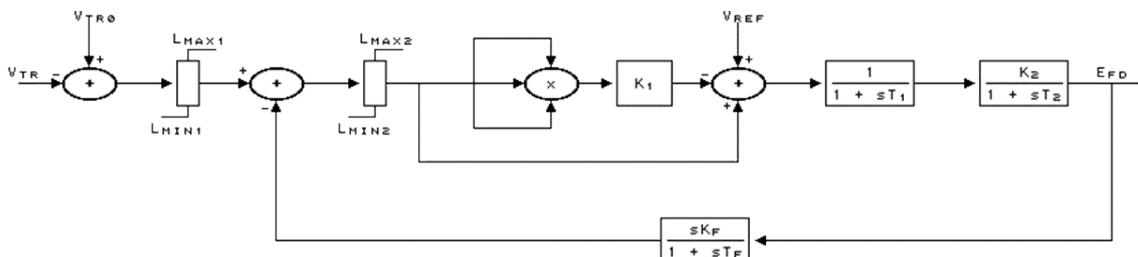
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>CS</b>	Número de identificação da curva de saturação, como definido no campo <i>Nc</i> do código <i>DCST</i>
<b>K</b>	
<b>Ke</b>	
<b>Kf</b>	
<b>T</b>	
<b>Te</b>	
<b>Tf</b>	
<b>Ln1</b>	
<b>Lx1</b>	
<b>Ln2</b>	
<b>Lx2</b>	

**DRGT MD22**



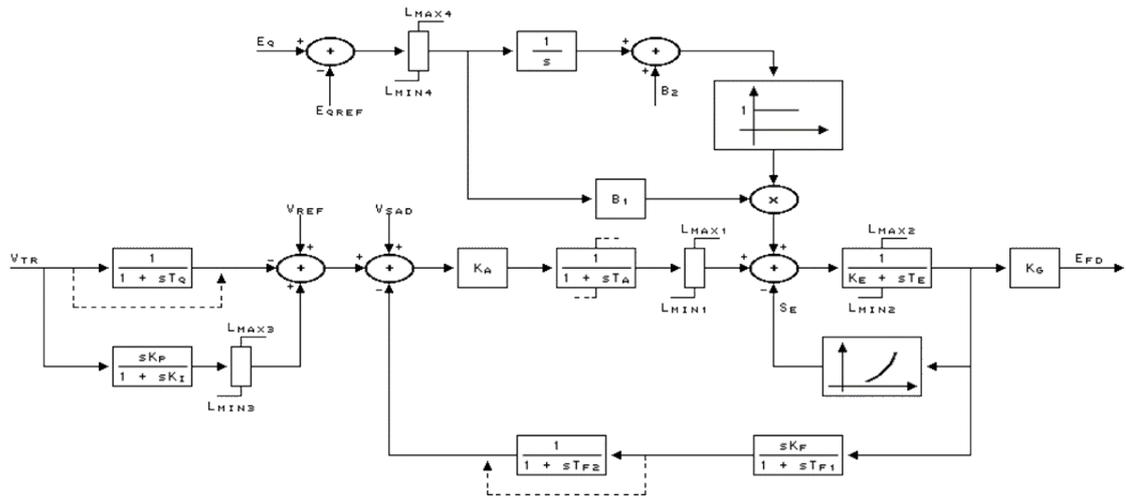
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>K1</b>	
<b>K2</b>	
<b>Kf</b>	
<b>T1</b>	
<b>T2</b>	
<b>Tf</b>	
<b>Lmn</b>	
<b>Lmx</b>	

**DRGT MD23**



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>K1</b>	
<b>Kf</b>	
<b>T1</b>	
<b>T2</b>	
<b>Tf</b>	
<b>Ln1</b>	
<b>Lx1</b>	
<b>Ln2</b>	
<b>Lx2</b>	

**DRGT MD24**



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>CS</b>	Número de identificação da curva de saturação, como definido no campo <i>Nc</i> do código <i>DCST</i>
<b>Ka</b>	
<b>Ke</b>	
<b>Kf</b>	
<b>Kp</b>	
<b>Ki</b>	
<b>Kg</b>	
<b>Tq</b>	
<b>Ta</b>	
<b>Te</b>	
<b>Tf1</b>	
<b>Tf2</b>	

<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de tensão
<b>Eq0</b>	Valor de referência para <i>Eq</i>
<b>B1</b>	
<b>B2</b>	
<b>Ln1</b>	
<b>Lx1</b>	
<b>Ln2</b>	
<b>Lx2</b>	
<b>Ln3</b>	
<b>Lx3</b>	
<b>Ln4</b>	
<b>Lx4</b>	
<b>L</b>	Letra <i>D</i> , se o limitador for dinâmico, ou letra <i>E</i> caso seja estático

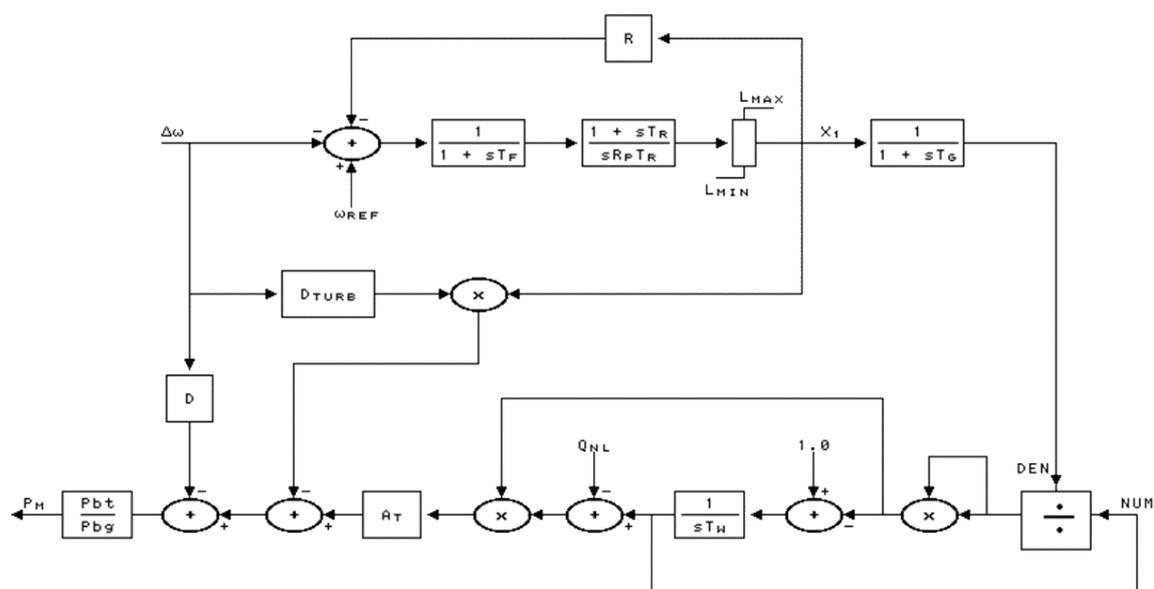
## 16.4 Modelos Predefinidos de Regulador de Velocidade e Turbina

O programa dispõe de 7 modelos predefinidos de regulador de velocidade (dados fornecidos pelo código *DRGV*). Estes modelos permitem representar os reguladores existentes no sistema elétrico brasileiro. O regulador de velocidade engloba as partes do sistema de controle e da turbina. A associação de modelo de regulador de velocidade com a respectiva máquina é feita através do código *DMAQ*.

Nas máquinas que tenham reguladores de velocidade modelados é possível gerar modificações automáticas dos sinais de referência dos reguladores, através do código *DCEN* (modificação automática de cenário de carga/geração).

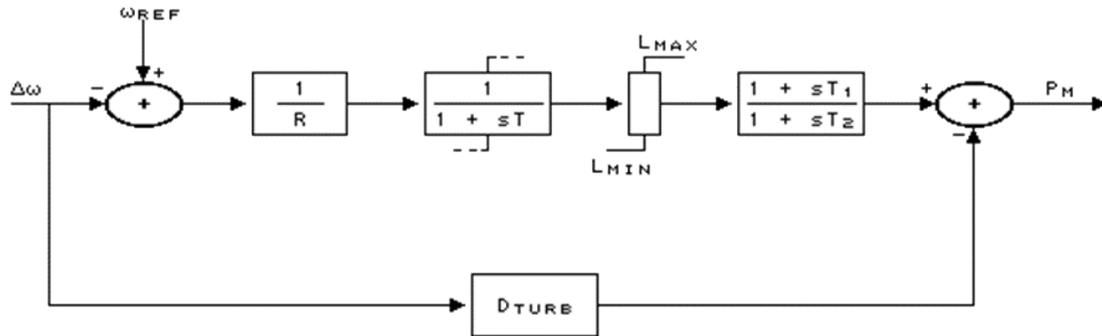
**Dica:** Reguladores de velocidade que não se enquadram nos modelos predefinidos podem ser representados por *Controladores Definidos pelo Usuário*, por meio do código *DCDU*

### DRGV MD01



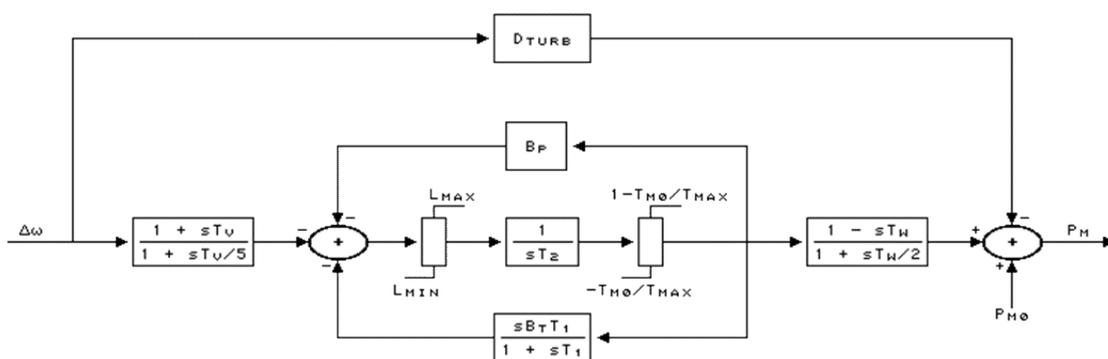
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de velocidade
<b>R</b>	Estatismo permanente, em pu
<b>Rp</b>	Estatismo transitório, adimensional
<b>At</b>	Ganho da turbina, em pu/pu
<b>Qnl</b>	Vazão sem carga, em pu
<b>Tw</b>	Constante de tempo da água, em segundos
<b>Tr</b>	Constante de tempo do regulador, em segundos
<b>Tf</b>	Constante de tempo de filtragem, em segundos
<b>Tg</b>	Constante de tempo do servomotor, em segundos
<b>Lmn</b>	Limite inferior de abertura da comporta, em pu
<b>Lmx</b>	Limite superior de abertura da comporta, em pu
<b>Dtb</b>	Fator de amortecimento da turbina, em pu
<b>D</b>	Fator de amortecimento da carga, em pu
<b>Pbg</b>	Potência base do gerador, em MVA
<b>Pbt</b>	Potência base da turbina, em MW

### DRGV MD02



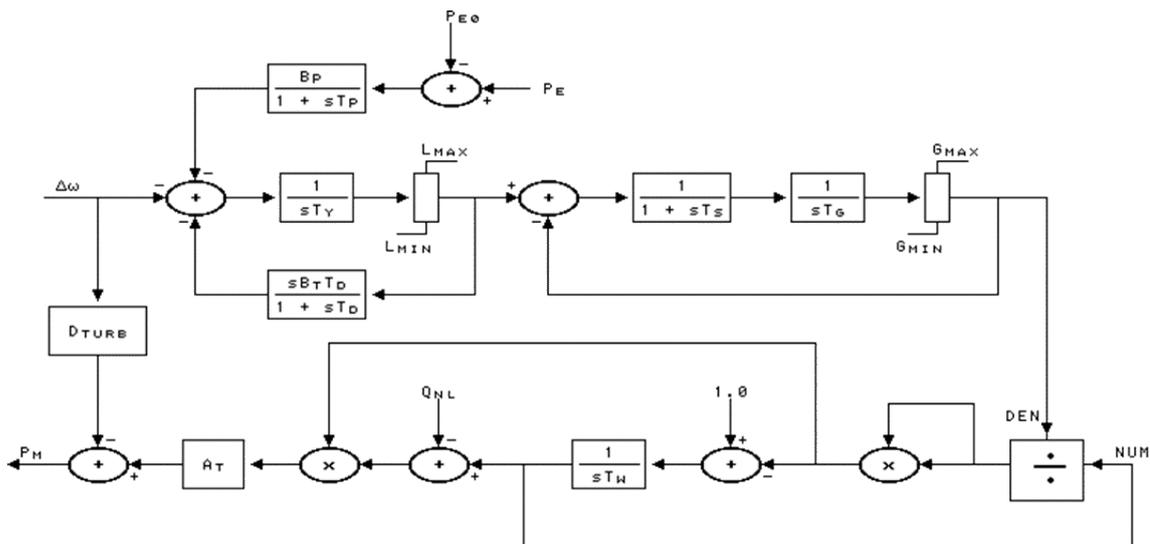
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de velocidade
<b>R</b>	Estatismo permanente, em pu
<b>T</b>	Constante de tempo do regulador, em segundos
<b>T1</b>	Constante de tempo, em segundos
<b>T2</b>	Constante de tempo de aquecimento, em segundos
<b>Lmn</b>	Limite inferior do regulador, em pu
<b>Lmx</b>	Limite superior do regulador, em pu
<b>Dtb</b>	Fator de amortecimento da turbina, em pu
<b>L</b>	Letra <i>D</i> , se o limitador for dinâmico, ou letra <i>E</i> caso seja estático

**DRGV MD03**



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de velocidade
<b>Bp</b>	
<b>Bt</b>	
<b>Tv</b>	
<b>T1</b>	
<b>T2</b>	
<b>Tw</b>	
<b>Lmn</b>	
<b>Lmx</b>	
<b>Dtb</b>	Fator de amortecimento da turbina, em pu

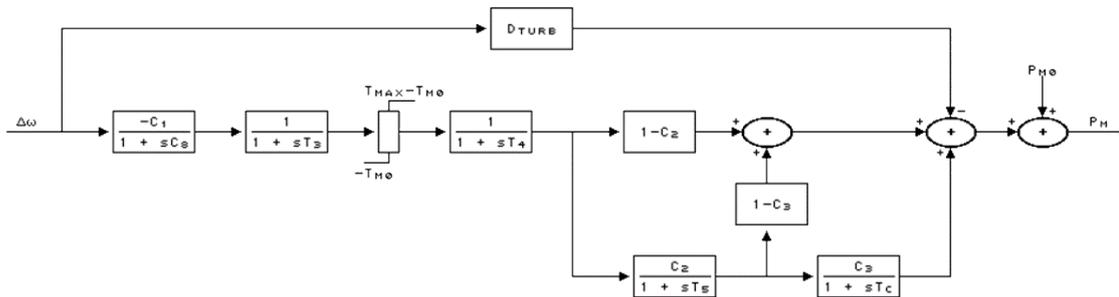
**DRGV MD04**



No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de velocidade
Bp	
Bt	
At	Ganho da turbina, em pu/pu
Qnl	Vazão sem carga, em pu
Tp	
Ty	
Td	
Ts	
Tw	Constante de tempo da água, em segundos
Lmn	
Lmx	

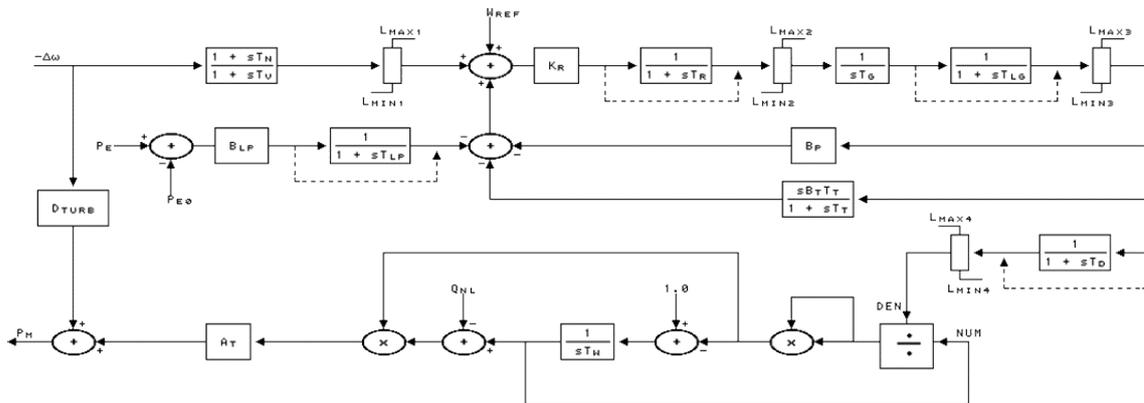
No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de velocidade
Gmn	
Gmx	
Dtb	Fator de amortecimento da turbina, em pu

DRGV MD05



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de velocidade
<b>C1</b>	
<b>C2</b>	
<b>C3</b>	
<b>C8</b>	
<b>T3</b>	
<b>T4</b>	
<b>T5</b>	
<b>TC</b>	
<b>Tmx</b>	
<b>Dtb</b>	Fator de amortecimento da turbina, em pu

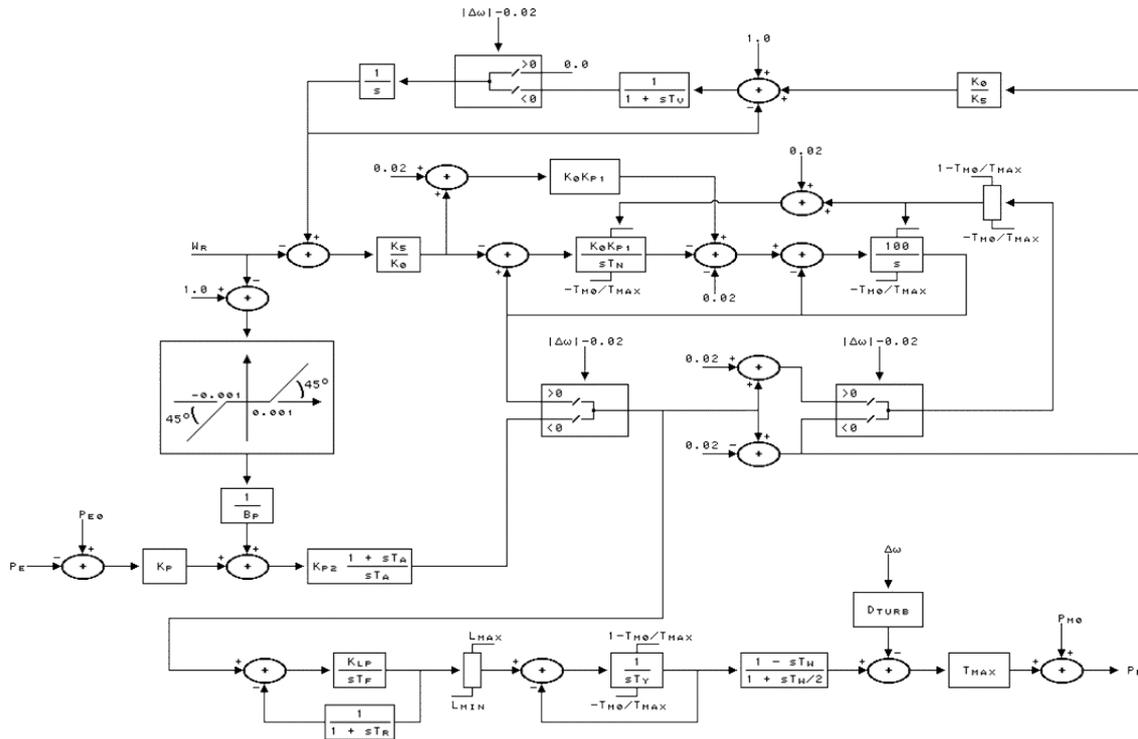
**DRGV MD06**



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de velocidade
<b>Kr</b>	
<b>Bp</b>	
<b>Bt</b>	
<b>Blp</b>	
<b>At</b>	Ganho da turbina, em pu/pu
<b>Qnl</b>	Vazão sem carga, em pu
<b>Tn</b>	
<b>Tv</b>	
<b>Tr</b>	
<b>Tg</b>	
<b>Tlg</b>	
<b>Td</b>	
<b>Tt</b>	

<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de velocidade
<b>Tlp</b>	
<b>Tw</b>	Constante de tempo da água, em segundos
<b>Ln1</b>	
<b>Lx1</b>	
<b>Ln2</b>	
<b>Lx2</b>	
<b>Ln3</b>	
<b>Lx3</b>	
<b>Ln4</b>	
<b>Lx4</b>	
<b>Dtb</b>	Fator de amortecimento da turbina, em pu

DRGV MD07



No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de velocidade
K0	
K5	
Kp1	
Kp2	
Klp	
Bp	
Tv	
Tn	
Ta	
Tf	
Tr	
Ty	

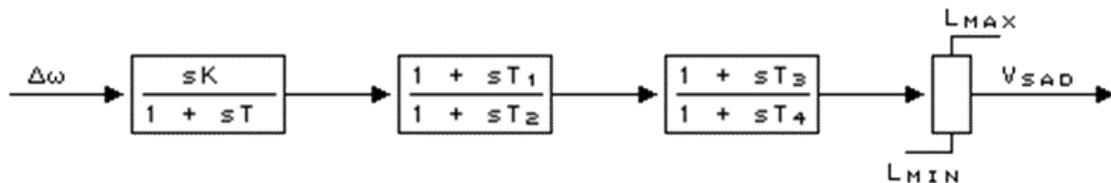
No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de velocidade
Tw	Constante de tempo da água, em segundos
Lmn	
Lmx	
Tmx	
Dtb	Fator de amortecimento da turbina, em pu

## 16.5 Modelos Predefinidos de Estabilizador Aplicado em Regulador de Tensão

O programa dispõe de 12 modelos predefinidos de estabilizador aplicado em regulador de tensão (dados fornecidos pelo código *DEST*). A associação do modelo de estabilizador com a respectiva máquina é feita através do código *DMAQ*.

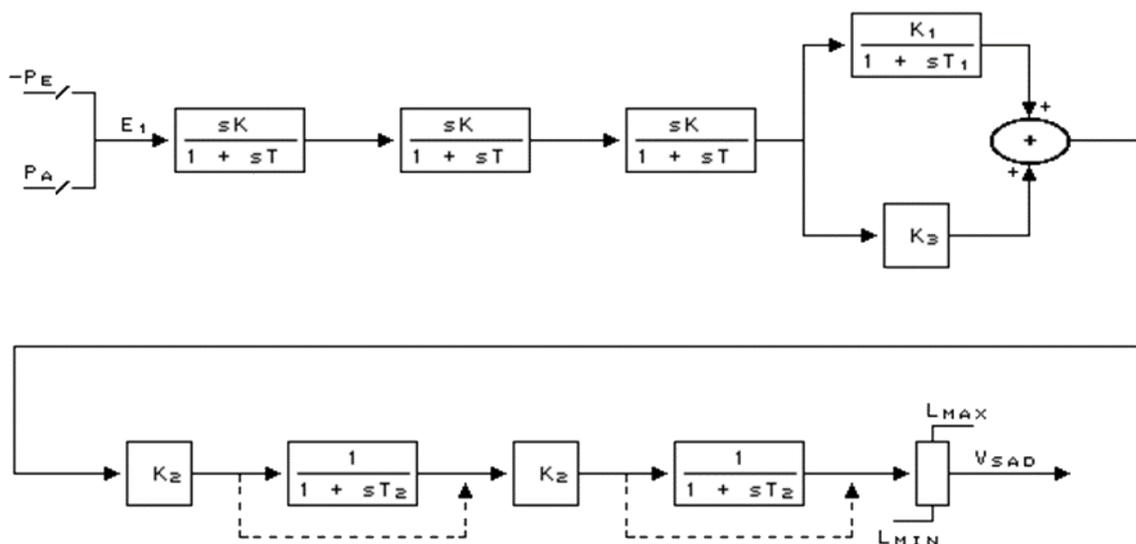
**Dica:** Estabilizadores aplicados em regulador de tensão que não se enquadrem nos modelos predefinidos podem ser representados por *CDU* (controladores definidos pelo usuário), por meio do código *DCDU*

### DEST MD01



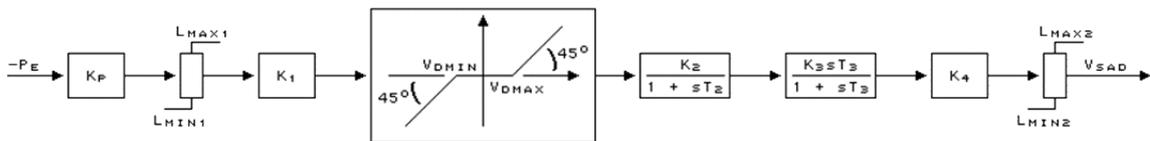
No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
K	
T	
T1	
T2	
T3	
T4	
Lmn	
Lmx	

### DEST MD02



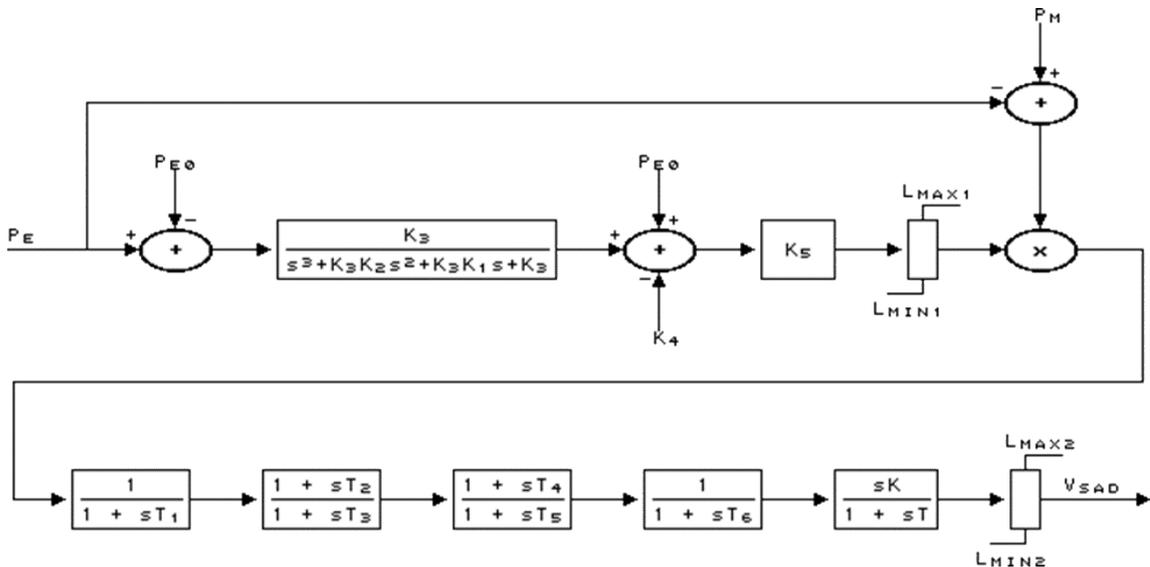
No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
K	
K1	
K2	
K3	
T	
T1	
T2	
Lmn	
Lmx	
En	Letras <b>PE</b> se a entrada do estabilizador for o negativo da potência elétrica, ou <b>PA</b> caso seja a potência de aceleração

DEST MD03



No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
Kp	
K1	
K2	
K3	
K4	
T2	
T3	
Ln1	
Lx1	
Vdn	
Vdx	
Ln2	
Lx2	

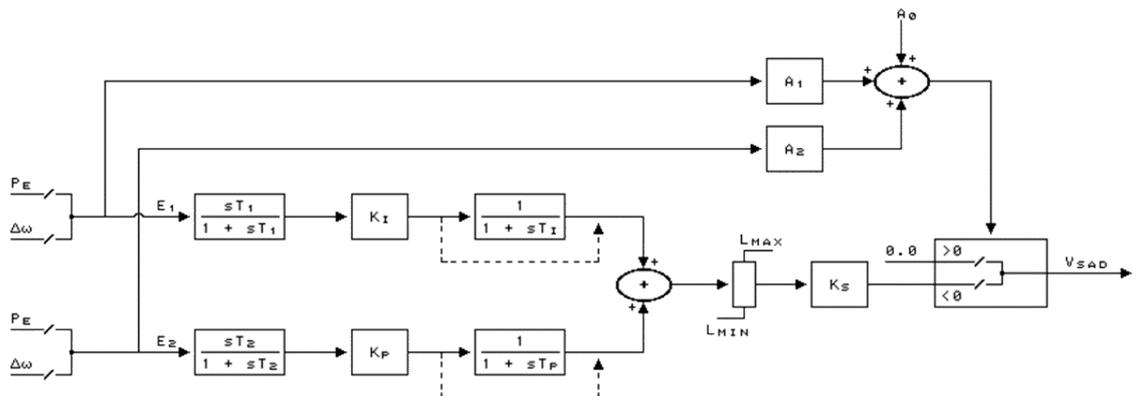
DEST MD04



<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
<b>K</b>	
<b>K1</b>	
<b>K2</b>	
<b>K3</b>	
<b>K4</b>	
<b>K5</b>	
<b>T</b>	
<b>T1</b>	
<b>T2</b>	
<b>T3</b>	
<b>T4</b>	
<b>T5</b>	
<b>T6</b>	

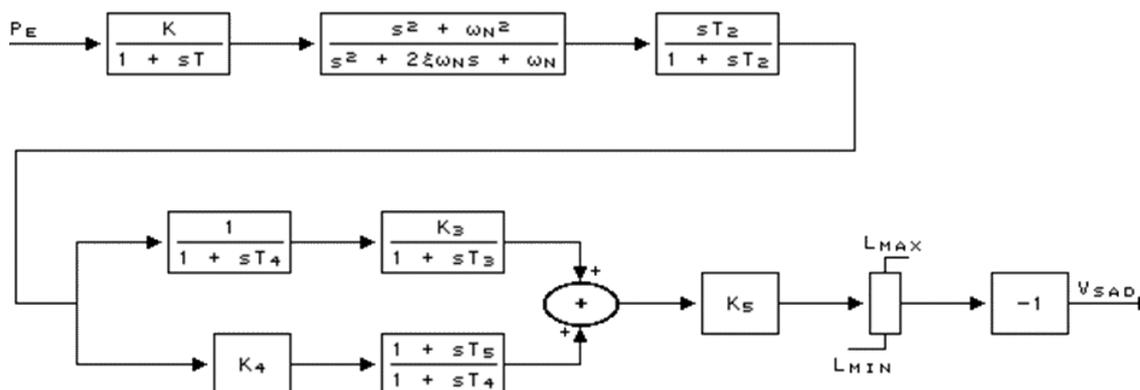
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
<b>Ln1</b>	
<b>Lx1</b>	
<b>Ln2</b>	
<b>Lx2</b>	

**DEST MD05**



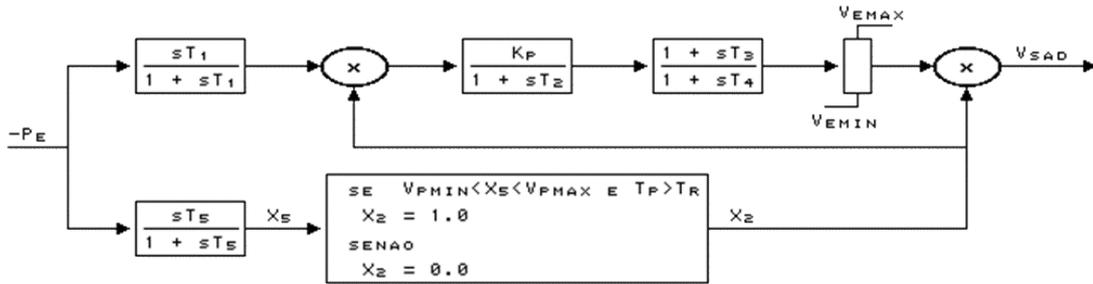
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
<b>Ki</b>	
<b>Kp</b>	
<b>Ks</b>	
<b>T1</b>	
<b>T2</b>	
<b>Ti</b>	
<b>Tp</b>	
<b>A0</b>	
<b>A1</b>	
<b>A2</b>	
<b>Lmn</b>	
<b>Lmx</b>	
<b>E1</b>	Letras <b>PE</b> se a entrada <i>E1</i> do estabilizador for potência elétrica, ou <b>WR</b> caso seja o desvio de velocidade angular do rotor
<b>E2</b>	Letras <b>PE</b> se a entrada <i>E2</i> do estabilizador for potência elétrica, ou <b>WR</b> caso seja o desvio de velocidade angular do rotor

**DEST MD06**



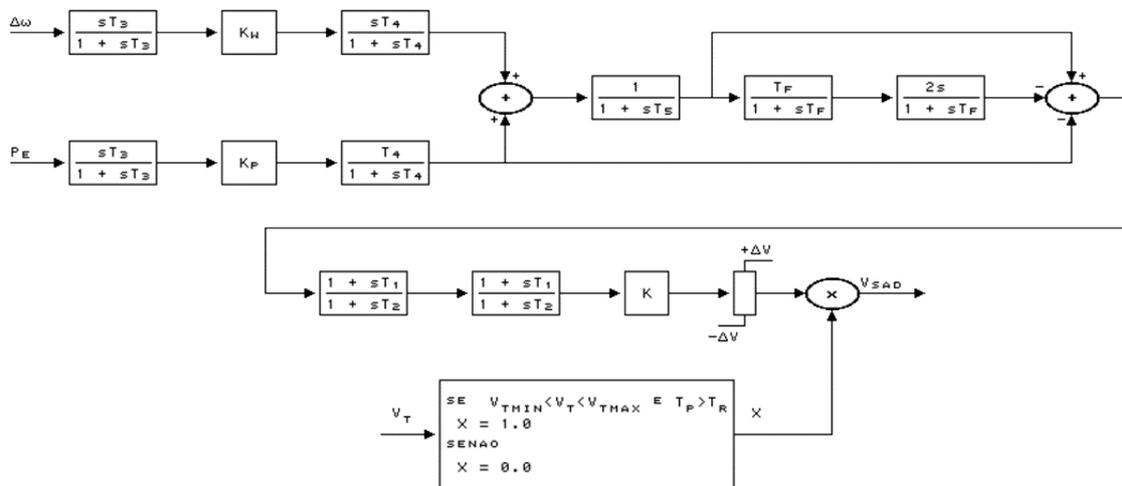
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
<b>K</b>	
<b>K3</b>	
<b>K4</b>	
<b>K5</b>	
<b>Wn</b>	
<b>Ksi</b>	
<b>T</b>	
<b>T2</b>	
<b>T3</b>	
<b>T4</b>	
<b>T5</b>	
<b>Lmn</b>	
<b>Lmx</b>	

**DEST MD07**



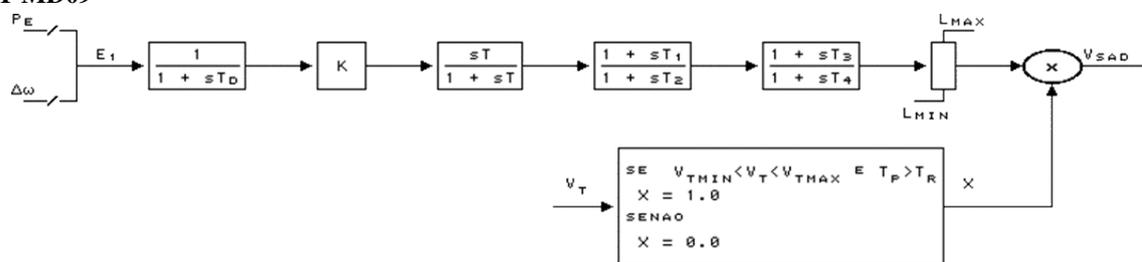
No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
Kp	
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
Tr	
Ven	
Vex	
Vpn	
Vpx	

DEST MD08



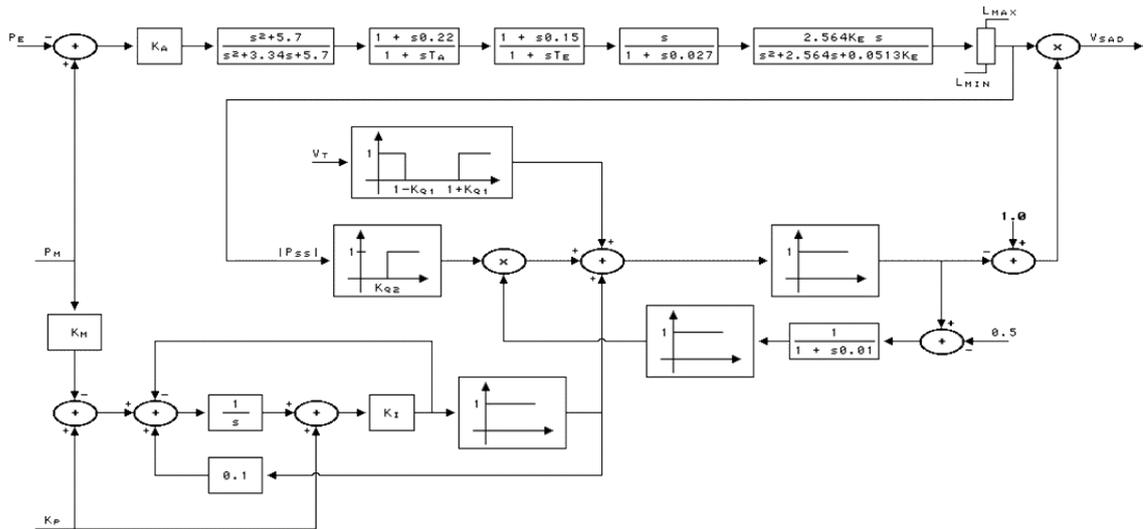
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
<b>Kw</b>	
<b>Kp</b>	
<b>K</b>	
<b>T</b>	
<b>T1</b>	
<b>T2</b>	
<b>T3</b>	
<b>T4</b>	
<b>T5</b>	
<b>Tf</b>	
<b>Tr</b>	
<b>Dv</b>	
<b>Vtn</b>	
<b>Vtx</b>	

**DEST MD09**



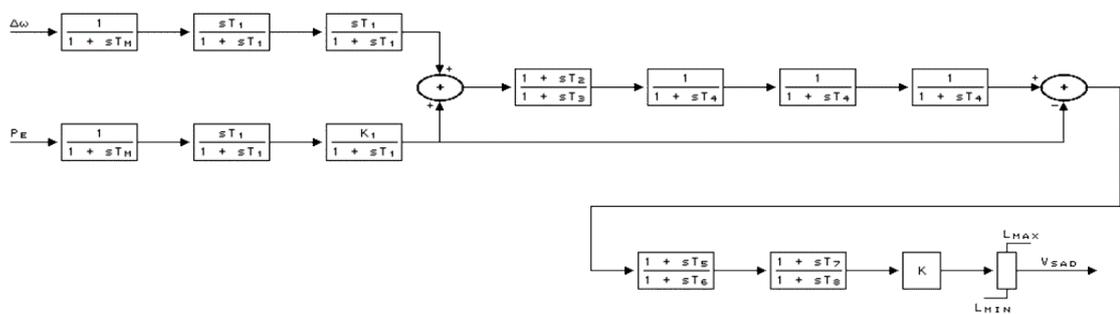
<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
<b>K</b>	
<b>T</b>	
<b>T1</b>	
<b>T2</b>	
<b>T3</b>	
<b>T4</b>	
<b>Td</b>	
<b>Tr</b>	
<b>Lmn</b>	
<b>Lmx</b>	
<b>Vtn</b>	
<b>Vtx</b>	
<b>En</b>	Letras <b>PE</b> se a entrada do estabilizador for o negativo da potência elétrica, ou <b>WR</b> caso seja o desvio de velocidade angular do rotor

**DEST MD10**



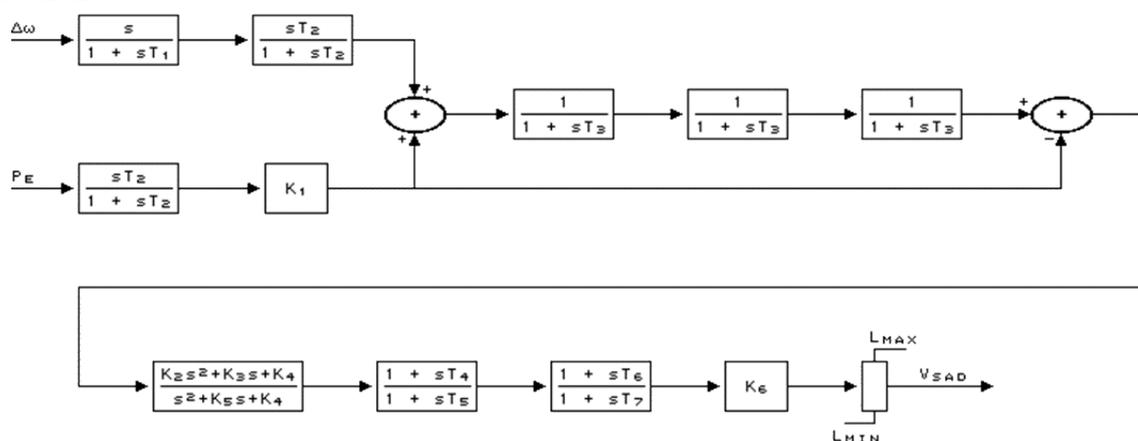
No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
<b>Ka</b>	
<b>Km</b>	
<b>Ke</b>	
<b>Kq1</b>	
<b>Kq2</b>	
<b>Kp</b>	
<b>Ki</b>	
<b>Ta</b>	
<b>Te</b>	
<b>Lmn</b>	
<b>Lmx</b>	

**DEST MD11**



No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
K	
K1	
Tm	
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	
T8	
Lmn	
Lmx	

DEST MD12



No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
K1	
K2	
K3	
K4	
K5	
K6	
T1	
T2	
T3	
T4	
T5	
T6	
T7	

No	Número de identificação do modelo predefinido de regulador de estabilizador aplicado em regulador de tensão
Lmn	
Lmx	

## 16.6 Associação de Máquinas Síncronas

A associação do modelo dinâmico de máquinas síncronas aos seus controles é feita através do código *DMAQ*.

Neste código, associa-se a uma barra de geração do *Anarede*, o *modelo de máquina*, o número de unidades ligadas, o percentual de geração ativa e reativa daquela barra que pertence ao modelo de máquina em questão e os controles associados (*regulador de tensão*, *regulador de velocidade* e *estabilizador*, ou então modelos *CDUs* destes mesmos). É possível adicionar mais de um modelo de máquina a uma barra; neste caso, utiliza-se a identificação de grupos.

**Atenção:** Gerações não modeladas são automaticamente convertidas para impedâncias constantes ou para o modelo definido no código *DGER*.

**Dica:** A opção *DGEI* permite ao Anatem carregar do arquivo histórico as informações do número de unidades ligadas e também do percentual de participação de potência ativa e reativa da barra. É necessário o preenchimento do código *DGEI* no *Anarede*.

## 16.7 Controle Automático de Geração

O programa permite a representação de controles automáticos de geração, para simulações de média e longa duração. A representação destes controles só pode ser feita atualmente por *CDU*. A associação do modelo de controle automático de geração com o respectivo CAG é feita através do código *DCAG*.

## 16.8 Controle Centralizado de Tensão

O programa permite a representação de controles centralizado de tensão, para simulações de média e longa duração. A representação destes controles só pode ser feita atualmente por *CDU*. A associação do modelo de controle centralizado de tensão com o respectivo CCT é feita através do código *DCCT*.

## 16.9 Eventos em Máquinas Síncronas

Os seguintes eventos podem ser aplicados em máquinas síncronas (código *DEVT*):

### 16.9.1 Alteração de Estado Operativo

#### RMGR

Remoção de unidade geradora ou usina.

<b>El</b>	Número de identificação da barra CA onde está a máquina síncrona
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo da máquina síncrona
<b>Un</b>	Número de unidades que serão removidas do grupo de máquina síncrona

**Dica:** Caso o campo *Un* esteja em branco serão desligadas todas as unidades ainda existentes no grupo de máquina síncrona especificado pelos campos *El* e *Gr*. Caso o campo *Gr* também esteja em branco, então serão desligados todos os grupos de equipamento relacionados com o evento que estejam conectados à barra especificada pelo campo *El*.

**Aviso:** A remoção de unidades geradoras não altera automaticamente a impedância do transformador associado, a menos que o controle deste esteja modelado por *CDU*.

## 16.9.2 Alteração em Sinal de Referência

### TRGT

Degrau no sinal de referência do regulador de tensão *built-in* da máquina.

<b>EI</b>	Barra CA onde está a máquina
<b>%</b>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) no sinal de referência
<b>Abs</b>	Variação absoluta no sinal de referência, em pu
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento

### TRGV

Degrau no sinal de referência do regulador de velocidade *built-in* da máquina.

<b>EI</b>	Barra CA onde está a máquina
<b>%</b>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) no sinal de referência
<b>Abs</b>	Variação absoluta no sinal de referência, em pu
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento

**Dica:** Para degrau no sinal de referência de reguladores CDU, utilize o evento *TCDU*.

### TINF

Degrau no sinal de referência da tensão da barra infinita.

<b>EI</b>	Identificação da Barra Infinita
<b>%</b>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) no sinal de referência
<b>Abs</b>	Variação absoluta no sinal de referência, em pu
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento

### RINF

Rampa no sinal de referência da tensão da barra infinita.

<b>EI</b>	Identificação da Barra Infinita
<b>%</b>	Taxa de variação, em $\%/s$ (relativa ao valor em $t = 0$ ), no sinal de referência
<b>Abs</b>	Taxa de variação absoluta no sinal de referência, em pu/s
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento

## 16.10 Plotagem de Máquinas Síncronas

A régua para a plotagem de variáveis relativas às máquinas síncronas requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA associada à máquina síncrona.
<b>Gp</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à variável de plotagem
<b>Br</b>	Número de identificação da barra CA à qual está conectada a máquina de referência de ângulo
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de máquina síncrona, cujo eixo $q$ será tomado como referência para a plotagem de ângulos

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas às máquinas síncronas:

**DELT**

Ângulo do eixo  $q$  do gerador, em graus, relativo à referência especificada. Se o campo  $Br$  estiver em branco, o ângulo da barra será calculado em relação ao centro de massa elétrico da ilha do sistema. Se o campo  $Br$  estiver preenchido, o ângulo é calculado em relação à barra de referência informada.

**Atenção:** Na ocorrência de um ilhamento de parte do sistema, o centro de massa elétrico pode variar instantaneamente, e assim o ângulo  $\delta$  poderá sofrer descontinuidade.

**EFD**

Tensão de campo do gerador, em pu.

**FMAQ**

Frequência do gerador, em Hz.

**IFD**

Corrente de campo do gerador, em pu.

**IMQS**

Módulo da corrente de armadura do gerador, em pu.

**PELE**

Potência elétrica ativa interna do gerador, em MW.

**PTERM**

Potência elétrica ativa terminal do gerador, em MW.

**PMEC**

Potência mecânica da turbina, em MW.

**QELE**

Potência elétrica reativa terminal do gerador, em Mvar.

**VSAD**

Sinal estabilizador aplicado no regulador de tensão do gerador, em pu.

**VCAG**

Sinal do CAG aplicado no regulador de velocidade do gerador, em pu.

**VCCT**

Sinal do Controle Coordenado de Tensão aplicado no regulador de tensão do gerador, em pu.

**ELL**

Módulo da tensão interna da máquina atrás da reatância subtransitória  $X''_d$ , em pu.

**VTR**

Sinal de entrada do regulador de tensão do gerador, em pu.

**PACE**

Potência acelerante ( $P_{mec} - P_{ele}$ ), em MW.

**DEFD**

Valor do sinal  $E_{fd} - E_q$  do gerador, em pu.

**ELD**

Tensão proporcional ao enlace de fluxo transitório de eixo  $d$ , em pu.

**ELLD**

Tensão proporcional ao enlace de fluxo subtransitório de eixo  $d$ , em pu.

**ELQ**

Tensão proporcional ao enlace de fluxo transitório de eixo  $q$ , em pu.

**ELLQ**

Tensão proporcional ao enlace de fluxo subtransitório de eixo  $q$ , em pu.

**VD**

Componente de eixo *d* da tensão terminal da máquina, em pu.

**VQ**

Componente de eixo *q* da tensão terminal da máquina, em pu.

**ID**

Componente de eixo *d* da corrente de armadura da máquina, em pu.

**IQ**

Componente de eixo *q* da corrente de armadura da máquina, em pu.

**NUGER**

Número de unidades ligadas do grupo gerador.

## 16.11 Plotagem de Agrupamento de Máquinas Síncronas

A régua para a plotagem de variáveis relativas à *agrupamento de máquinas síncronas* requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação do agrupamento de máquinas síncronas definido no código <i>AGMQ</i> .
-----------	---

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas à agrupamento de máquinas síncronas:

**INERCS**

Inércia totalizada, em MVA.s, por agrupamento de máquinas definido no código *AGMQ*.

**PGAGR**

Despacho de potência ativa totalizado, em MW, por agrupamento de máquinas definido no código *AGMQ*.

**CAPAGR**

Capacidade totalizada, em MVA, por agrupamento de máquinas definido no código *AGMQ*.

**Dica:** Exemplo de solicitação de variáveis de barra CA via código *DPLT*

Listagem 16.1: Exemplo da aplicação do código DPLT com variáveis de máquina síncrona

```

1 (=====
2 ( DADOS DAS VARIÁVEIS DE SAIDA PARA PLOTAGEM
3 (=====
4 DPLT
5 (
6 ( Variáveis da máquina síncrona da barra 1, grupo 10
7 (Tipo)M( El ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
8 DELT      1      10
9 EFD       1      10
10 FMAQ     1      10
11 IFD      1      10
12 IMQS     1      10
13 PELE     1      10
14 PTERM    1      10
15 PMEC     1      10
16 QELE     1      10
17 VSAD     1      10
18 (
19 ( Variáveis de agrupamento de máquina síncrona (agrupamento 100)
20 INERCS   100
    
```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

21 PGAGR 100  
 22 CAPAGR 100  
 23 (   
 24 999999

## 16.12 Variáveis CDU de Máquinas Síncronas

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas por controladores de equipamentos (*CDU*) ou por locais remotos de medição (*MAQ* no código *DLOC*):

### DELT

*IMPORT DEFVAL*

Ângulo absoluto do eixo q da máquina síncrona, em radianos.

### VTR

*IMPORT DEFVAL*

Sinal de entrada para regulador de tensão, em pu.

### EFD

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Tensão de campo da máquina síncrona, em pu.

### EQ

*IMPORT DEFVAL*

Tensão proporcional à corrente de campo da máquina síncrona (*Xad Ifd*), em pu.

### IFD

*IMPORT DEFVAL*

Corrente de campo da máquina síncrona, em pu.

### IMQS

*IMPORT DEFVAL*

Módulo da corrente da armadura da máquina síncrona, em pu.

### ID

*IMPORT DEFVAL*

Corrente da armadura da máquina síncrona projetada no eixo d, em pu.

### IQ

*IMPORT DEFVAL*

Corrente da armadura da máquina síncrona projetada no eixo q, em pu.

### VD

*IMPORT DEFVAL*

Tensão terminal da máquina síncrona projetada no eixo d, em pu.

### VQ

*IMPORT DEFVAL*

Tensão terminal da máquina síncrona projetada no eixo q, em pu.

### PELE

*IMPORT DEFVAL*

Potência elétrica ativa do entreferro da máquina síncrona, em pu na base da máquina. Esta potência gerada não considera as perdas resistivas do estator da máquina.

**PTERM**

*IMPORT DEFVAL*

Potência elétrica ativa terminal da máquina síncrona, em pu na base da máquina. Esta potência gerada considera as perdas resistivas do estator da máquina.

**PMEC**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Potência mecânica da máquina síncrona, em pu na base da máquina.

**QELE**

*IMPORT DEFVAL*

Potência elétrica reativa gerada pela máquina síncrona, em pu na base da máquina.

**VSAD**

*IMPORT DEFVAL*

Sinal estabilizador aplicado no regulador de tensão da máquina síncrona, em pu.

**VCAG**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Sinal do CAG aplicado no regulador de velocidade da máquina síncrona, em pu.

**VCCT**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Sinal do Controle Coordenado de Tensão aplicado no regulador de tensão da máquina síncrona, em pu.

**WMAQ**

*IMPORT DEFVAL*

Velocidade angular da máquina síncrona, em pu .

**DWMAQ**

*IMPORT DEFVAL*

Desvio de velocidade angular da máquina em relação à velocidade síncrona, em pu .

**PBGER**

*IMPORT DEFVAL*

Potência base para uma unidade da máquina síncrona, em MVA

**NUGER**

*IMPORT DEFVAL*

Número de unidades de máquina síncrona em operação no grupo.

**STGER**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Número de unidades de máquina síncrona em operação no grupo.

---

**Nota:** As variáveis *STGER* e *NUGER* diferem apenas na possibilidade de exportação. Elas se referem à mesma informação no programa.

---

---

**Dica:** Quando associado a *CDU*'s de reguladores de máquina síncrona, a localização do sinal será considerada a *Barras CA* terminal do respectivo equipamento ao qual o *CDU* estiver associado.

---

### 16.12.1 Local Remoto de Máquinas Síncronas

O tipo *MAQ* no código *DLLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA onde está conectado o elemento
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento associado à localização do sinal

### 16.13 Relés com atuação em Máquinas Síncronas

Os seguintes modelos *built-in* de relés estão disponíveis com atuação em máquinas síncronas no sistema (código *DREL*):

#### **DREL MD11**

Relé de sobrefrequência para desligamento de geração, com lógica de operação por frequência absoluta, taxa de variação da frequência e/ou por uma combinação destas.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra.
<b>Ng</b>	Número de identificação do grupo de máquinas. Este campo em conjunto com o campo <i>Nb</i> , serve para localizar onde está conectado o relé de sobre-frequência.
<b>L</b>	Letra relativa à lógica de alívio de carga do relé de sobre-frequência: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A - frequência absoluta</li> <li>• T - taxa de variação de frequência</li> <li>• O - frequência absoluta ou taxa de variação de frequência</li> </ul>
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H - frequência em hertz (<i>Hz</i>)</li> <li>• P - frequência em <i>pu</i>. Caso este campo não seja preenchido, assume-se dados de frequência em <i>pu</i>.</li> </ul>
<b>F<sub>s</sub></b>	Frequência de supervisão, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Frequência a partir da qual o cálculo da taxa de variação de frequência é ativado para o corte de geração. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ter valor acima</b> de 1.0.
<b>F<sub>c</sub></b>	Frequência de corte, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Frequência na qual o cálculo da taxa de variação de frequência é efetuado para o corte de geração. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ter valor acima</b> do fornecido no campo <i>F<sub>s</sub></i> .
<b>Tax</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o corte de geração, em <i>pu/s</i> ou <i>Hz/s</i> , conforme campo <i>H</i> . Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ter valor positivo</b> .
<b>Fr</b>	Frequência de ajuste para o corte de geração por frequência absoluta, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta e <b>deve ter valor acima</b> de 1.0.
<b>U</b>	Número de unidades geradoras a serem desligadas do grupo em que o relé está conectado. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> . Caso seja deixado em branco assume o valor 1.
<b>Ttx</b>	Temporização de retardo total do relé por taxa de variação de frequência, em segundos.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé de frequência absoluta atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no corte de geração.

**DREL MD14**

Relé de sub/sobrefrequência para desligamento de geração. Este relé tem por objetivo representar a proteção de máquinas síncronas com geração térmica contra desvios de frequência e, no caso de atuação, serão desligadas unidades ou todo o grupo de geradores. A frequência usada para monitoração é a própria frequência da máquina.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde está conectado o grupo de máquinas.
<b>Ng</b>	Número de identificação do grupo de máquinas. Este campo em conjunto com o campo <i>Nb</i> , serve para localizar onde está conectado o relé de sub-frequência.
<i>H</i>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H - frequência em hertz (<i>Hz</i>) preenchido, assume-se dados</li> <li>• P - frequência em <i>pu</i>. Caso este campo não seja de frequência em <i>pu</i>.</li> </ul>
<i>Fmn</i>	Frequência mínima, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Frequência a partir da qual é ativada a temporização para o corte de geração. Este dado <b>deve ter valor abaixo</b> de 1.0. Se não for preenchido assume-se o valor 0.95 <i>pu</i> caso o campo <i>H</i> não tenha sido preenchido, ou do contrário, 57 <i>Hz</i> .
<i>Fmx</i>	Frequência máxima, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Frequência a partir da qual é ativada a temporização para o corte de geração. Este dado <b>deve ter valor acima</b> de 1.0. Se não for preenchido assume-se o valor 1.05 caso o campo <i>H</i> não tenha sido preenchido, ou do contrário, 63 <i>Hz</i> .
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé de sub/sobrefrequência atuar, em segundos. Este dado <b>deve ser maior ou igual</b> a 0. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. Este dado <b>deve ser maior ou igual</b> a 0.
<i>M</i>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no corte de geração. Se for deixado em branco assume-se o valor <i>A</i> .
<i>Und</i>	Número de unidades a serem desligadas do grupo em que o relé está conectado. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> . Se for deixado em branco todo o grupo será desligado.

## 16.14 Códigos Relacionados

Modelo Dinâmico: *DMDG*

Modelo Estático: *DGER*

Controladores *Built-in*: *DRGT DRGV DEST*

Controladores Personalizados: *ACDU DCDU DTDU*

Associação De Controles: *DMAQ*

Dados Complementares: *DCST DREL*

Outros: *DCEN DEVT DLOC DPLT*



**Atenção:** O montante e a localização da geração deve ser definido no caso de fluxo de potência e informado ao programa por meio do arquivo histórico.

As gerações importadas pelo Anatem do arquivo de fluxo de potência podem ser modeladas como *máquinas síncronas*, máquinas de indução, *fontes shunt controladas* ou *geração funcional*.

Geração funcional é aquela em que o valor da geração é determinado em função da tensão da barra a que está associada. As gerações sem modelo dinâmico definido no programa Anatem são convertidas automaticamente em impedância constante na simulação dinâmica. É possível de se definir de maneira individual o comportamento de parte da parcela de carga ativa e parte da parcela de carga reativa em função da tensão da barra por meio do código *DGER*.

**Dica:** Diferentemente da característica da carga, o modelo Z constante nem sempre é mais favorável para representar a geração sem modelo na simulação de transitórios eletromecânicos. Considere utilizar composições com as parcelas I e P para representação de geração sem modelo em situações em que o sistema apresenta problemas de convergência.

## 17.1 Geração ZIP

O comportamento da geração funcional definida no código *DGER* é descrito pelas seguintes equações:

$$\text{Geração ativa} = \left[ (100 - A - B) + A \left( \frac{V}{V_0} \right) + B \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right] \cdot \frac{P}{100} \text{ se } V \geq V_{BP}$$

$$\text{Geração reativa} = \left[ (100 - C - D) + C \left( \frac{V}{V_0} \right) + D \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right] \cdot \frac{Q}{100} \text{ se } V \geq V_{BQ}$$

sendo:

$A, B$  e  $C, D$  são parâmetros que definem as parcelas de geração representadas por corrente e impedância constantes, respectivamente.

$P$  e  $Q$  são as potências ativa e reativa da geração para a tensão  $V_0$  não modeladas por outros equipamentos.

$V_0$  tensão inicial da barra, convergida pelo fluxo de potência

$V_{BP}, V_{BQ}$  tensão abaixo da qual as parcelas de geração ativa e reativa são bloqueadas, respectivamente

$V_{DP}, V_{DQ}$  tensão acima da qual as parcelas de geração ativa e reativa são desbloqueadas, respectivamente, uma vez que tenha ocorrido o seu bloqueio

As tensões  $V_{BP}$  e  $V_{BQ}$  são as tensões mínimas para as quais as funções estáticas de geração ativa e reativa continuam sendo respeitadas, abaixo deste valor ocorre o bloqueio da potência ativa e/ou reativa gerada. O desbloqueio de potência sucede no instante em que a tensão alcançar o valor definido por  $V_{DP}$ , no caso da parcela ativa, e  $V_{DQ}$  para desbloqueio da parcela reativa.

As demais gerações não modeladas continuam sendo convertidas automaticamente de potência constante para impedância constante. Os parâmetros  $P$  e  $Q$  nas fórmulas acima podem ser alterados automaticamente pelo programa através de modificações de cenário de carga/geração (ver *DCEN*) ou de atuações de relés de sub/sobrefrequência (ver *DREL*).

### 17.1.1 Exemplo

Listagem 17.1: Exemplo da aplicação do código DGER

```

1 (=====
2 ( ALTERACAO DE GERACAO FUNCIONAL
3 (=====
4 DGER IMPR
5 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) (A) (B) (C) (D) (VbP) (VdP) (VbQ)
  → (VdQ)
6 BARR 1 A BARR 9998 0 0 100 0 84.5 85.0 84.5
  → 85.0
7 999999

```

**Nota:** O exemplo mostra os dados para alteração das cargas nas barras 1 a 9998 para modelo com 100% de P constante na parte ativa e 100% de I constante na parte reativa.

#### Ver também:

Para maiores detalhes acerca da linguagem de seleção, ver *Linguagem de Seleção*.

## 17.2 Plotagem de Geração Funcional

A régua para a plotagem de variáveis relativas à geração funcional requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>El</b>	Número de identificação da barra CA
-----------	-------------------------------------

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas à barra CA:

### **PGER**

Potência ativa total gerada na barra CA, em MW.

### **QGER**

Potência reativa total gerada na barra CA, em Mvar.

**Dica:** Exemplo de solicitação de variáveis de geração funcional via código *DPLT*

Listagem 17.2: Exemplo da aplicação do código DPLT com variáveis de Geração Funcional

```

1 (=====
2 ( DADOS DAS VARIÁVEIS DE SAIDA PARA PLOTAGEM
3 (=====
4 DPLT
5 (
6 ( Variáveis de geração da barra 1
7 (Tipo)M( El ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
8 PGER      1
9 QGER      1
10 (
11 999999

```

## 17.3 Relés com atuação em Geração Funcional

Os seguintes modelos *built-in* de relés estão disponíveis com atuação em geração funcional no sistema (código *DREL*):

### **DREL MD20**

Relé de sub e sobretensão para corte de geração por barra.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde está conectado o relé e a geração a ser cortada.
<b>Vci</b>	Tensão inferior de ajuste para o corte de geração por subtensão, em <i>pu</i> .
<b>Vcs</b>	Tensão superior de ajuste para o corte de geração por sobretensão, em <i>pu</i> .
<b>%</b>	Porcentagem de corte de geração da barra em que o relé está conectado (calculado a partir do valor da geração em $t = 0$ ).
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no alívio de geração.
<b>Bm</b>	Número de identificação da barra onde é feita a medição de tensão para alívio de geração. Se deixado em branco, é considerada como a barra onde está conectado o relé, fornecida no campo <i>Nb</i> .

**DREL MD21**

Relé de sub e sobrefrequência para corte de geração por barra, com lógica de operação por frequência absoluta.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde está conectado o relé de sub e sobrefrequência. A medição de frequência de barra está sujeita a uma filtragem com função de transferência $1/(1+sT)$ , cuja constante de tempo $T$ pode ser alterada pelo código <i>DCTE</i> (mnemônico <i>PFFB</i> ).
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H → Frequência em hertz (<math>Hz</math>);</li> <li>• P → Frequência em <math>pu</math>;</li> </ul> Caso este campo não seja preenchido, assume-se dados de frequência em $pu$ .
<b>Fci</b>	Frequência inferior de ajuste para o corte de geração por subfrequência, em $pu$ .
<b>Fcs</b>	Frequência superior de ajuste para o corte de geração por sobrefrequência, em $pu$ .
<b>%</b>	Porcentagem de corte de geração da barra em que o relé está conectado (calculado a partir do valor da carga em $t = 0$ ).
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no corte de geração.

**DREL MD22**

Relé de sub e sobrefrequência para corte de geração por barra, com lógica de operação por taxa de variação da frequência.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde está conectado o relé de sub e sobrefrequência. A medição de frequência de barra está sujeita a uma filtragem com função de transferência $1/(1+sT)$ , cuja constante de tempo $T$ pode ser alterada pelo código <i>DCTE</i> (mnemônico <i>PFFB</i> ).
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H → Taxa em <math>(Hz/s)</math>; hertz por segundo</li> <li>• P → Taxa em <i>pu</i>;</li> </ul> Caso este campo não seja preenchido, assume-se dados de frequência em <i>pu</i> .
<b>Txi</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o corte de geração por subfrequência, em <i>pu/s</i> ou $Hz/s$ , conforme o campo <i>H</i> for definido.
<b>Txs</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o corte de geração por sobrefrequência, em <i>pu/s</i> ou $Hz/s$ , conforme o campo <i>H</i> for definido.
<b>%</b>	Porcentagem de corte de geração da barra em que o relé está conectado (calculado a partir do valor da geração em $t = 0$ ).
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no corte de geração.

## 17.4 Códigos Relacionados

Geração Funcional: *DGER*

Dados Complementares: *DREL*

Outros: *DEVT DLOC DPLT*



## **Parte IV**

# **Geração Eólica e Solar**



## Geradores de Indução Diretamente Conectados



Este tipo de gerador consiste em uma máquina de indução convencional ligada diretamente à rede CA. Opera com velocidade de rotação praticamente constante.

---

**Nota:** Para representar o gerador de indução é utilizado o código *DMOT*, como outra máquina de indução qualquer.

---

A principal diferença entre a modelagem de uma máquina de indução (motor ou gerador) e um gerador de indução para modelagem de geração eólica está na modelagem da turbina. A representação da turbina eólica é feita via modelo *CDU*, que exporta para a máquina o torque mecânico a ser utilizado.

**Ver também:**

Consulte a entrada *Máquinas de Indução Convencional* para maiores detalhes acerca do modelo de máquina de indução do programa.

### 18.1 Códigos Relacionados

Modelo Dinâmico e Associação: *DMOT*

Modelos para Turbina Personalizados: *ACDU DCDU DTDU*

Dados Complementares: *DREL*

Outros: *DCEN DEVT DLOC DPLT*



## Geradores Eólicos DFIG



Wikipedia - Parque eólico de Middelgrunden, Dinamarca

Este tipo de aproveitamento eólico se baseia em uma máquina de indução com rotor bobinado. É utilizado um elo CC com inversores de tensão (*VSI*), conectado entre os terminais do estator e do rotor da máquina. Desta forma é possível controlar a velocidade do rotor (injetando ou retirando potência deste enrolamento) para otimizar a geração de potência de acordo com a velocidade do vento (operação em velocidade variável).

---

**Nota:** Representação de Geradores Eólicos DFIG no *Anatem*:

- A máquina é representada no fluxo de potência como uma barra PV ou barra PQ com geração.
  - O *modelo da máquina de indução* é fornecido através do código *DMDF*.
  - O modelo do elo CC com conversor de tensão e seus controles é feito por *CDU*, que exporta as componentes da tensão a ser conectada ao rotor da máquina e a tensão interna do conversor a ser conectada ao estator.
  - A representação da turbina eólica é também feita via modelo *CDU*, que exporta para a máquina o torque mecânico a ser utilizado.
  - A *associação entre o equipamento e os modelos de máquina*, de elo *VSI*/controle e de turbina eólica é feita através do código *DDFM*.
-

## 19.1 Modelos de Geradores Eólicos DFIG

Os dados de geração relativa à fazenda eólica a ser modelada como DFIG são obtidos do caso de fluxo de potência do programa *Anarede* (arquivo histórico).

A figura abaixo ilustra o diagrama simplificado do fluxo de potência típico de um parque eólico que utiliza geradores de indução com dupla alimentação:

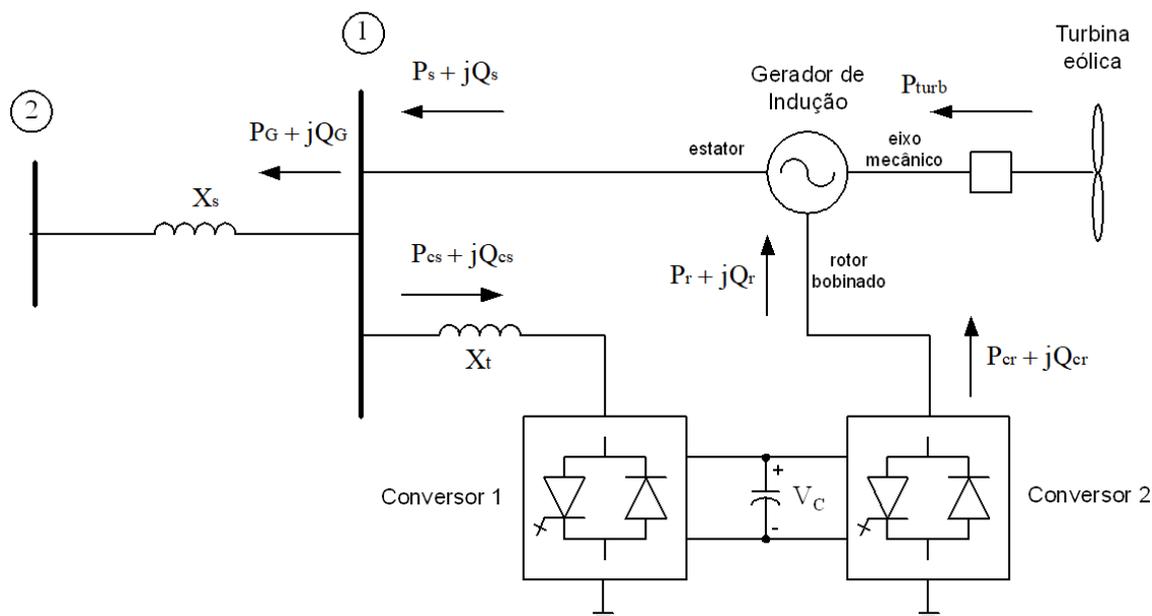


Fig. 19.1: Aproveitamento eólico utilizando gerador de indução com dupla alimentação

As seguintes estratégias de controle adotada nos conversores:

- **Conversor 1 (conectado ao estator)**
  - **Potência Ativa:** controle da tensão no capacitor
  - **Potência Reativa:** controle do fator de potência no conversor
- **Conversor 2 (conectado ao rotor)**
  - **Potência Ativa:** controle de velocidade (escorregamento) da máquina
  - **Potência Reativa:** controle da geração de potência reativa (Q constante, V constante ou fp constante)

A figura abaixo apresenta o esquema geral simplificado dos sistemas de controle do aerogerador DFIG:

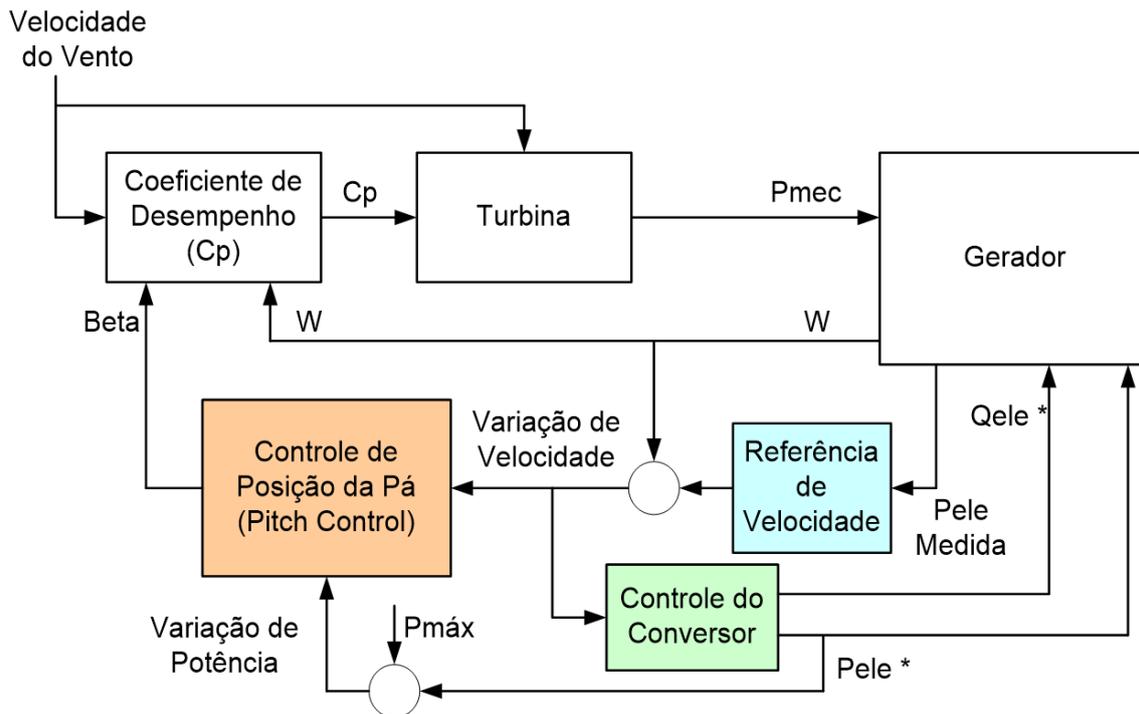


Fig. 19.2: Esquema simplificado de controle do aerogerador

### 19.1.1 Modelo Predefinido de Gerador Eólico DFIG

A definição de modelo predefinido de Geradores Eólicos DFIG é realizada pelo código *DMDF*.

O preenchimento dos parâmetros e o diagrama de blocos deste modelo é detalhado a seguir:

#### DMFM

<b>No</b>	Número de identificação do modelo.
<b>Rs</b>	Resistência do estator, em %.
<b>Xs</b>	Reatância do estator, em %.
<b>Xm</b>	Reatância de magnetização, em %.
<b>Rr</b>	Resistência do rotor, em %.
<b>Xr</b>	Reatância do rotor, em %.
<b>H</b>	Constante de inércia do conjunto gerador/turbina, em segundos.
<b>D</b>	Amortecimento, em $pu/pu$ .
<b>HPb</b>	Potência base de 1 unidade, em $HP$ .
<b>Xtrf</b>	Reatância do transformador do conversor ligado ao estator, em %.
<b>Strf</b>	Potência base do transformador do conversor ligado ao estator, em $MVA$ .

## 19.2 Associação de Geradores Eólicos DFIG

A associação do modelo dinâmico do gerador eólico DFIG aos seus controles é feita através do código *DDFM*, cujo preenchimento de parâmetros é detalhado a seguir:

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra de geração à qual deverá ser associada o modelo de máquina de indução com dupla alimentação e respectivos sistemas de controle.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento. Em uma barra de geração podem estar conectados um ou mais grupos de máquina de indução com dupla alimentação. Um grupo de máquina de indução com dupla alimentação pode ser constituído por uma ou mais unidades idênticas.
<i>P</i>	Fator que define o percentual da potência ativa gerada na barra pelo grupo de equipamentos. Se deixado em branco, será considerado igual a 100%. A soma dos fatores dos grupos de equipamentos de uma barra de geração tem que totalizar 100%. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> .
<i>Q</i>	Fator que define o percentual da potência reativa gerada na barra pelo grupo de equipamento. Se deixado em branco, será considerado igual a 100%. A soma dos fatores dos grupos de equipamentos de uma barra de geração tem que totalizar 100%. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> .
<i>Und</i>	Número de unidades iguais que constituem um grupo de equipamentos equivalente. Se for deixado em branco será considerado 1 unidade.
<b>Mg</b>	Número de identificação do modelo de máquina de indução com dupla alimentação, como definido no campo <i>No</i> do código de execução <i>DMDF</i> .
<b>Mt</b>	Número de identificação do modelo de turbina eólica, como definido no campo <i>CDU</i> dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de turbina eólica foi definido pelo usuário através dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>DTDU</i> . Atualmente só há modelo <i>CDU</i> .
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo do CC <i>VSI</i> conectado entre o estator e o rotor da máquina, como definido no campo <i>CDU</i> dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de elo CC <i>VSI</i> conectado entre o estator e o rotor da máquina foi definido pelo usuário através dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> . Atualmente só há modelo <i>CDU</i> .
<i>Xvd</i>	Reatância de compensação de queda de tensão (“ <i>Line Drop Compensation Reactance</i> ”) para o cálculo do sinal de entrada do regulador de tensão (sinal <i>VDFM</i> ), em % na base de uma unidade do equipamento. O sinal <i>VDFM</i> é uma tensão calculada pela subtração da tensão da barra controlada com a queda de tensão na reatância de compensação, usando a corrente terminal do equipamento.
<i>Nbc</i>	Número de identificação da barra a ser controlada pelo equipamento. Quando for deixado em branco, o número da barra controlada será o mesmo da barra terminal do equipamento.
<b>Slip</b>	Valor inicial de escorregamento (em pu), ou número do <i>CDU</i> a partir do qual será calculado o valor do escorregamento inicial. A identificação do tipo de preenchimento deste campo é dada pela coluna <i>u</i> à direita deste campo, sendo que, ao ser informado o número do <i>CDU</i> neste campo, é necessário que este seja um <b>número inteiro positivo</b> .
<i>u</i>	Caso a inicialização do escorregamento inicial seja calculada via <i>CDU</i> , este campo deve ser preenchido com o caractere <i>U</i> . Se o escorregamento inicial for informado em pu no campo <i>Slip</i> , à esquerda deste campo, este campo deve ser deixado em branco. <b>Ver também:</b> Confira a entrada <i>Cálculo de Escorregamento Inicial por CDU</i> .
<b>R</b>	Define eixos de referência para variáveis de controle do conversor ligado ao rotor, sendo preenchido com 1 se eixo <i>q</i> orientado na direção do fasor da tensão terminal $V_s$ ou 2 se o eixo <i>d</i> orientado na direção do fluxo do estator $\lambda_s$ . Usar preferencialmente referência tipo 2.  <b>Nota:</b> As referências de eixo tipos 1 e 2 são idênticas se a resistência do estator da máquina for nula.
<b>I</b>	Define tipo de inicialização, sendo preenchido com 1 se o controle de tensão pelo conversor ligado ao estator e da corrente $I_d$ do rotor em valor nulo ( $I_d = 0$ ) ou 2 se o controle de tensão pelo conversor ligado ao rotor e conversor ligado ao estator com fator de potência unitário ( $Q_c = 0$ ). Usar preferencialmente a inicialização tipo 2.

## 19.3 Cálculo de Escorregamento Inicial por CDU

Usualmente, o valor do escorregamento dos modelos DFIG é preenchido manualmente (campo *slip* no código *DDFM*), como parâmetro do modelo, e deve ser reajustado a cada ponto de operação analisado. Contudo, tal prática pode se mostrar bastante laboriosa e levar a resultados incorretos em função da não adequação deste parâmetro. Esta etapa de cálculo é necessária uma vez que o *Anarede* não disponibiliza modelo DFIG para solução em regime permanente.

Em função disso, um CDU pode ser definido com o objetivo de calcular este parâmetro na inicialização do modelo, retirando a necessidade de qualquer ajuste em função do ponto de operação. Este CDU será utilizado apenas durante a inicialização do modelo.

### Definição de CDU para Cálculo do Escorregamento Inicial

Para a utilização deste recurso deve-se informar no campo *slip* da régua do código *DDFM*, o número do CDU de inicialização. É preciso ainda preencher o campo *u* imediatamente seguinte com a letra “u”, pois dessa forma, o programa distinguirá quando o preenchimento do campo *slip* informa o valor do escorregamento ou o número do CDU responsável pelo seu cálculo.

Listagem 19.1: Exemplo de preenchimento do código *DDFM* com escorregamento determinado por CDU

DDFM	( Nb )	Gr	( P )	( Q )	Und	( Mg )	( Mt )	u( Mc )	u(Xvd )	( Nbc )	( Slip )	uR	I
6073	10	100	100	66	17	90146u	90145u				21.50	2	2
6756	10	100	100	55	17	90148u	90147u				21.50	2	2
6793	10	100	100	28	17	90514u	90513u				999004u	2	2
5612	10	100	100	33	17	90533u	90534u				999005u	2	2
999999													

Neste exemplo, o escorregamento inicial dos geradores eólicos das barras 6073 e 6756 está definido manualmente com o valor 21.5%, enquanto os geradores das barras 6793 e 5612 serão calculados pelos CDUs 999004 e 999005.

### Modelagem do CDU para Cálculo do Escorregamento Inicial

Para a modelagem de um controle responsável por encontrar o escorregamento inicial, é necessário o uso de duas variáveis de CDU específicas para este fim:

- *PUNDFM*: Potência Ativa por Unidade do Modelo de Gerador Eólico de Dupla Alimentação
- *SLDFM*: Escorregamento do Motor de Indução do Modelo de Dupla Alimentação (para exportação)

Via de regra, este controlador é bem simples, constando de uma função aritmética (normalmente representada pelo *Bloco FUNCAO Subtipo PONTOS*) que converte a Potência Ativa por Unidade despachada em escorregamento esperado.

A seguir é apresentado um exemplo de definição deste CDU:

Listagem 19.2: Exemplo de CDU de inicialização para escorregamento no *DDFM*

DCDU	(ncdu)	(nome cdu)
999004	Inic	Slip
(nb)	i(tipo)	o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
01	IMPORT	PUNDFM Pger
02	FUNCAO	PONTOS Pger Slip 0 .3268
		0.108 .3267
		0.1165 .3121

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

9          0.1339 .2826
10         0.1431 .2678
11         0.1627 .2384
12         0.173  .2243
13         0.1944 .1948
14         0.206  .1800
15         0.2304 .1509
16         0.243  .1362
17         0.2702 .1070
18         0.284  .0923
19         0.3139 .0629
20         0.3297 .0482
21         0.3627 .0193
22         0.3796 .0046
23         0.4156-.0248
24         0.4345-.0395
25         0.4738-.0685
26         0.5362-.1127
27         0.5585-.1274
28         0.6047-.1565
29         1      -.1642
30 03 EXPORT SLDFM Slip
31 FIMCDU
32 999999

```

**Atenção:** Algumas variáveis do modelo (tais como *PDFM*, *QDFM*, *PSDFM*, dentre outras) não podem ser importadas neste controle. Estas variáveis só são determinadas depois da inicialização do modelo, e portanto, não se encontram disponíveis neste ponto da simulação.

**Importante:** Após a inicialização, o CDU de inicialização de escorregamento é desligado, ou seja, não terá nenhum efeito durante a simulação.

## 19.4 Eventos em Geradores Eólicos DFIG

Os seguintes eventos podem ser aplicados em *DFIG* (código *DEVT*):

### 19.4.1 Alteração de Estado Operativo

#### RMDF

Remoção de unidade de máquina de indução com dupla alimentação.

<i>El</i>	Identificador da barra CA associada ao gerador de indução com dupla alimentação
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo de equipamento ( <i>default = todos os grupos</i> )
<i>Un</i>	Número de unidades que serão removidas do grupo de máquina de indução convencional ( <i>default = todas</i> )

**Cuidado:** Caso o campo Número de Unidades (*Un*) esteja em branco serão desligadas todas as unidades ainda existentes no grupo de máquina de indução com dupla alimentação especificado pelos campos

Elemento (**EI**) e Grupo de Equipamento (*Gr*). Caso o campo Grupo de Equipamento (*Gr*) também esteja em branco então serão desligados todos os grupos de equipamento relacionados com o evento que estejam conectados à barra especificada pelo campo Elemento (**EI**).

## 19.5 Plotagem de Geradores Eólicos DFIG

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos geradores eólicos tipo máquina de indução com dupla alimentação requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA à qual está conectado o gerador eólico tipo DFIG
<b>Gp</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à variável de plotagem
<i>Br</i>	Número de identificação da barra CA à qual está conectado o gerador eólico tipo DFIG de referência de ângulo
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo de gerador eólico tipo DFIG, cujo eixo $q$ será tomado como referência para a plotagem de ângulos Nesta opção, caso não sejam preenchidos, será utilizado o centro de massa do sistema como referência de ângulos

**Nota:** Caso o campo Barra de Referência seja preenchido com 0 e o campo Grupo de Máquina de Referência seja deixado em branco, será usado como referência uma referência síncrona que em  $t = 0$  esteja com ângulo 0.

O seguinte identificador deve ser utilizado para selecionar a variável relativa aos geradores eólicos tipo máquina de indução com dupla alimentação:

### **PDFM**

Potência ativa total entrando no equipamento, em MW.

### **QDFM**

Potência reativa total entrando no equipamento, em Mvar.

### **PSDFM**

Potência ativa entrando no estator na máquina de indução, em MW.

### **QSDFM**

Potência reativa entrando no estator na máquina de indução, em Mvar.

### **PCDFM**

Potência ativa entrando no conversor *VSI* ligado ao estator da máquina de indução, em MW.

### **QCDFM**

Potência reativa entrando no conversor *VSI* ligado ao estator da máquina de indução, em Mvar.

### **PRDFM**

Potência ativa entrando no rotor na máquina de indução, em MW.

### **QRDFM**

Potência reativa entrando no rotor na máquina de indução, Mvar.

### **PMDFM**

Potência mecânica da carga no eixo da máquina de indução, em MW.

### **WRDFM**

Velocidade angular do rotor da máquina de indução, em pu.

### **WRFDFM**

Valor em pu da referência para controle de velocidade da máquina de indução, em pu.

### **SLDFM**

Escorregamento da máquina de indução em relação à frequência nominal, em pu.

**SLSDFM**

Escorregamento da máquina de indução em relação à frequência da barra terminal, em pu.

**TMDFM**

Torque mecânico da máquina de indução, em pu.

**ELDFM**

Módulo da tensão transitória ( $E'$ ) da máquina de indução, em pu.

**ISDFM**

Módulo da corrente no estator da máquina de indução, em pu.

**IRDFM**

Módulo da corrente no rotor da máquina de indução, em pu.

**ICDFM**

Módulo da corrente CA no conversor ligado ao estator da máquina de indução, em pu.

**IRRDFM**

Componente real da corrente CA entrando no rotor da máquina de indução, em pu.

**IRIDFM**

Componente imaginário da corrente CA entrando no rotor da máquina de indução, em pu.

**VRRDFM**

Componente real da tensão CA do conversor VSI ligado ao rotor da máquina de indução, em pu.

**VRIDFM**

Componente imaginária da tensão CA do conversor VSI ligado ao rotor da máquina de indução, em pu.

**VCRDFM**

Componente real da tensão CA do conversor VSI ligado ao estator da máquina de indução, em pu .

**VCIDFM**

Componente imaginária da tensão CA do conversor VSI ligado ao estator da máquina de indução, em pu.

**VDFM**

Módulo da tensão terminal da máquina de indução (pode incluir compensação com  $XVD$  - similar a  $VTR$  na máquina síncrona), em pu.

**IDFM**

Módulo da corrente CA total entrando no equipamento pelo lado do estator (corrente no estator + corrente no conversor ligado ao estator ), em pu.

---

**Nota:** Os sinais PDFM, QDFM, PSDFM, QSDFM, PCDFM, QCDFM, PRDFM, QRDFM, PMDFM, TMDFM, IRRDFM, IRIDFM, SLDFM, SLSDFM adotam convenção de carga/motor, isto é:

- PDFM e QDFM positivos para potência entrando no equipamento;
  - PSDFM, QSDFM, PRDFM e QRDFM positivos para potência entrando no respectivo enrolamento;
  - PCDFM e QCDFM positivos para potência entrando no conversor ligado ao estator;
  - IRRDFM e IRIDFM positivos para corrente entrando no enrolamento do rotor;
  - PMDFM e TMDFM positivos para carga mecânica e
  - SLDFM e SLSDFM positivos para  $\omega_r < \omega_s$  .
-

## 19.6 Variáveis CDU de Geradores Eólicos DFIG

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados a certos equipamentos:

### SLDFM

*IMPORT EXPORT\* DEFVAL*

Escorregamento da máquina de indução com dupla alimentação em relação à frequência nominal, em pu ( $slip = 1 - \omega_r$  pu). Ele é positivo para velocidade subsíncrona e negativo para velocidade supersíncrona.

\* Só pode ser exportado em CDU de inicialização de slip definido no código *DDFM*

### WRDFM

*IMPORT DEFVAL*

Velocidade angular do rotor da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.

### WRFDFM

*IMPORT DEFVAL*

Valor em pu da referência para controle de velocidade da máquina de indução com dupla alimentação.

### TMDFM

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Torque mecânico da máquina de indução com dupla alimentação, em pu. Ele é positivo para carga mecânica e negativo no caso de turbina acoplada ao eixo (por exemplo, no caso de geração eólica).

### PMDFM

*IMPORT DEFVAL*

Potência mecânica da carga no eixo da máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina. Ele é positivo para carga mecânica e negativo no caso de turbina acoplada ao eixo (por exemplo, no caso de geração eólica).

### PDFM

*IMPORT DEFVAL*

potência ativa total entrando no equipamento, em pu na base da máquina.

### QDFM

*IMPORT DEFVAL*

potência ativa total entrando no equipamento, em pu na base da máquina.

### PUNDFM

*IMPORT DEFVAL*

Potência ativa por unidade geradora entrando no equipamento, em pu na base da máquina.

---

**Nota:** Esta variável deve ser utilizada em *CDU* de inicialização de *slip*.

---

### PSDFM

*IMPORT DEFVAL*

Potência ativa entrando no estator na máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.

### QSDFM

*IMPORT DEFVAL*

Potência reativa entrando no estator na máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.

### PRDFM

*IMPORT DEFVAL*

Potência ativa entrando no rotor na máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.

**QRDFM**

*IMPORT DEFVAL*

Potência reativa entrando no rotor na máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.

**PCDFM**

*IMPORT DEFVAL*

Potência ativa entrando no conversor *VSI* ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.

**QCDFM**

*IMPORT DEFVAL*

Potência reativa entrando no conversor *VSI* ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.

**TETADF**

*IMPORT DEFVAL*

Ângulo de referência dos eixos para variáveis de controle de conversor *VSI*, em radianos.

**VRRDFM**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Componente real da tensão CA do conversor *VSI* ligado ao rotor da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.

**VRIDFM**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Componente imaginária da tensão CA do conversor *VSI* ligado ao rotor da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.

**VCRDFM**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Componente real da tensão CA do conversor *VSI* ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.

**VCIDFM**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Componente imaginária da tensão CA do conversor *VSI* ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.

**VDFM**

*IMPORT DEFVAL*

Módulo da tensão terminal da máquina de indução (pode incluir compensação com *XVD* - similar a *VTR* na máquina síncrona), em pu.

**IDFM**

*IMPORT DEFVAL*

Módulo da corrente CA total entrando no equipamento pelo lado do estator (corrente no estator + corrente no conversor ligado ao estator), em pu na base da máquina.

**ISDFM**

*IMPORT DEFVAL*

Módulo da corrente no estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.

**IRDFM**

*IMPORT DEFVAL*

Módulo da corrente no rotor da máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.

**IRRDFM***IMPORT DEFVAL*

Componente real da corrente CA entrando no rotor da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.

**IRIDFM***IMPORT DEFVAL*

Componente imaginária da corrente CA entrando no rotor da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.

**ICDFM***IMPORT DEFVAL*

Módulo da corrente CA no conversor ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.

**ICRDFM***IMPORT DEFVAL*

Componente real da corrente CA entrando no conversor *VSI* ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu .

**ICIDFM***IMPORT DEFVAL*

Componente imaginária da corrente CA entrando no conversor *VSI* ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.

**XTRDFM***IMPORT DEFVAL*

Reatância do transformador do conversor ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação (valor para uma unidade do equipamento), em pu na base do sistema.

**PBDFM***IMPORT DEFVAL*

Potência base de 1 unidade da máquina de indução com dupla alimentação, em MW.

---

**Nota:** Os sinais PDFM, QDFM, PSDFM, QSDFM, PCDFM, QCDFM, PRDFM, QRDFM, PMDFM, TMDFM, IRRDFM, IRIDFM, SLDFM, SLSDFM adotam convenção de carga/motor, isto é:

- PDFM e QDFM positivos para potência entrando no equipamento;
  - PSDFM, QSDFM, PRDFM e QRDFM positivos para potência entrando no respectivo enrolamento;
  - PCDFM e QCDFM positivos para potência entrando no conversor ligado ao estator;
  - IRRDFM e IRIDFM positivos para corrente entrando no enrolamento do rotor;
  - PMDFM e TMDFM positivos para carga mecânica e
  - SLDFM e SLSDFM positivos para  $\omega_r < \omega_s$  .
-

## 19.7 Relés com atuação em Geradores Eólicos DFIG

Os seguintes modelos *built-in* de relés estão disponíveis com atuação em máquinas de indução no sistema (código *DREL*):

### DREL MD16

Relé de sub/sobrefrequência para desligamento de *geração eólica com máquina de indução com dupla alimentação*. Este relé tem por objetivo representar a proteção do gerador eólico com contra desvios excessivos de velocidade, por distúrbios na rede CA ou devido a variações repentinas no vento. Portanto, no caso de atuação, todas as unidades do grupo protegido serão desligadas. A frequência usada para monitoração é a frequência no estator da máquina induzida pelo campo do rotor.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra.
<b>Ng</b>	Número de identificação do grupo de máquinas. Este campo em conjunto com o campo <i>Nb</i> serve para localizar onde está conectado o relé de sub/sobrefrequência.
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H - frequência em hertz (<i>Hz</i>) preenchido, assume-se dados de frequência em <i>pu</i>.</li> <li>• P - frequência em <i>pu</i>. Caso este campo não seja</li> </ul>
<b>Fmn</b>	Valor mínimo de ajuste para monitoração da frequência da máquina, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> .
<b>Fmx</b>	Valor máximo de ajuste para monitoração da frequência da máquina, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> .
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no corte de geração.

## 19.8 Códigos Relacionados

Modelo Dinâmicos: *DMDF*

Associação de Controles: *DDFM*

## Geradores Síncronos Eólicos



Wikimedia Commons - Parque eólico de Villarrubia de Santiago

Este tipo de gerador consiste em uma **máquina síncrona ligada à rede CA por elo CC com inversores tipo fonte de tensão (VSI)**. Neste caso toda a potência gerada passa pelos conversores do elo CC, diferentemente dos *Geradores Eólicos DFIG*.

Os dados de geração relativa à fazenda eólica a ser modelada como GSE são obtidos do caso de fluxo de potência do programa *Anarede* (arquivo histórico).

O esquema básico dos equipamentos modelados no *Anatem* como parque eólico utilizando gerador síncrono de velocidade variável é apresentado na figura a seguir:

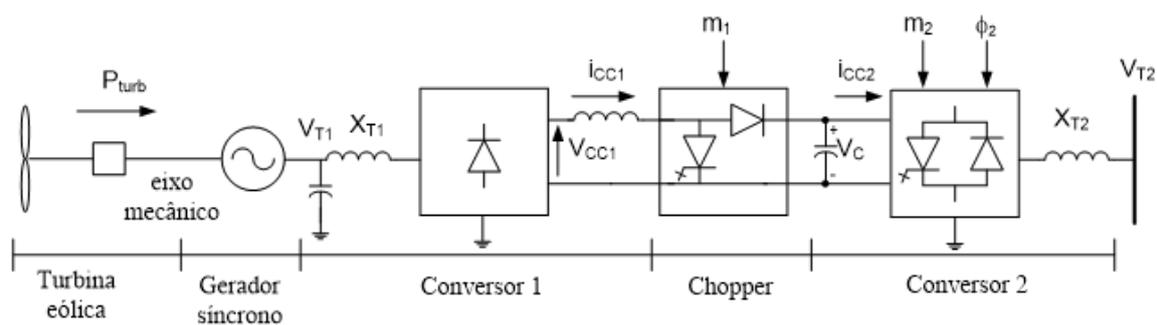


Fig. 20.1: Aproveitamento eólico utilizando gerador síncrono de velocidade variável

Pode-se usar um elo CC onde ambos os terminais retificador e inversor são do tipo fonte de tensão. No entanto, o modelo devolvido baseia-se em um esquema que usa um retificador a diodo, um “chopper” do tipo “boost” para controlar a tensão do capacitor CC e um inversor do tipo fonte de tensão (VSI). Este inversor controla a velocidade do rotor (operação em velocidade variável) aumentando ou diminuindo a potência ativa injetada no sistema, além disso, permite através da sua potência reativa controlar a tensão ou o fator de potência na barra terminal.

**Nota:** O equipamento é representado no fluxo de potência como uma barra PV ou barra PQ com geração. O modelo do equipamento (máquina e elo CC) é fornecido através do código de execução *DMGE*.

Os controles do “*chopper*”, do inversor e da excitação da máquina são modelados por *CDU*, que exportam respectivamente o fator de modulação do “*chopper*” ( $m_1$ ), o fator de modulação ( $m_2$ ) e a fase da tensão aplicada pelo inversor ( $\Psi_2$ ) e a tensão de campo  $E_{fd}$ . A representação da turbina eólica é também feita via modelo *CDU*, que exporta para a máquina o torque mecânico a ser utilizado.

A figura abaixo apresenta os blocos representados por modelos não flexíveis (*built-in*) com fundo branco e o blocos representados por modelos flexíveis (CDU) com fundo azul.

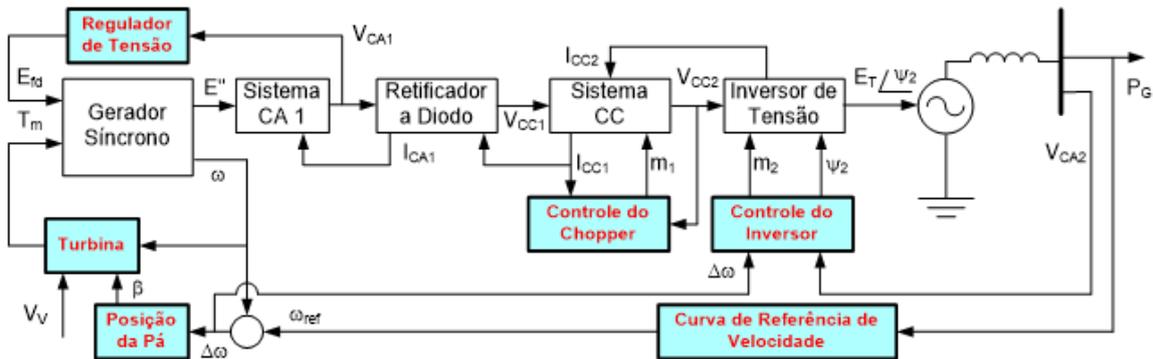


Fig. 20.2: Modelos envolvidos na representação de gerador síncrono de velocidade variável

**Nota:** A associação do equipamento a seu modelo e a seus controles é feita através do código de execução *DGSE*.

## 20.1 Modelos de Geradores Síncronos Eólicos

Os dados de geração relativa à fazenda eólica a ser modelada como GSE são obtidos do caso de fluxo de potência do programa *Anarede* (arquivo histórico).

O esquema básico dos equipamentos modelados no *Anatem* como parque eólico utilizando gerador síncrono de velocidade variável é apresentado na figura a seguir:

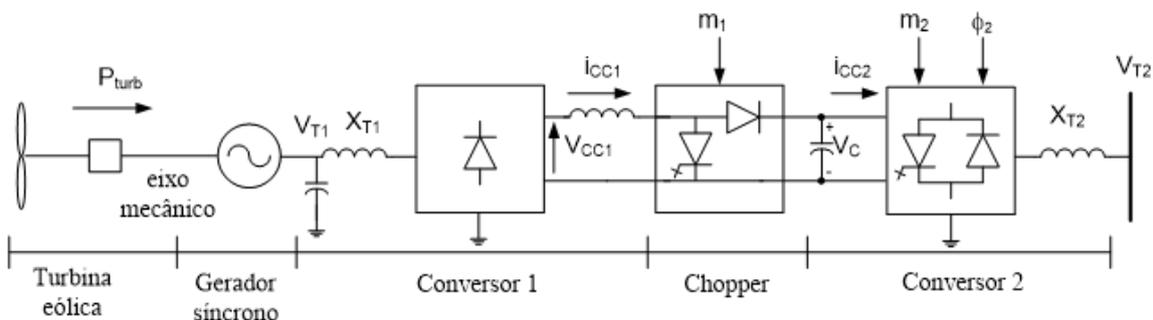


Fig. 20.3: Aproveitamento eólico utilizando gerador síncrono de velocidade variável

**Nota:** O equipamento é representado no fluxo de potência como uma barra PV ou barra PQ com geração. O modelo do equipamento (máquina e elo CC) é fornecido através do código de execução *DMGE*.

Os controles do “*chopper*”, do inversor e da excitação da máquina são modelados por *CDU*, que exportam respectivamente o fator de modulação do “*chopper*” ( $m_1$ ), o fator de modulação ( $m_2$ ) e a fase da tensão aplicada pelo inversor ( $\Psi_2$ ) e a tensão de campo  $E_{fd}$ . A representação da turbina eólica é também feita via modelo *CDU*, que exporta para a máquina o torque mecânico a ser utilizado.

A figura abaixo apresenta os blocos representados por modelos não flexíveis (*built-in*) com fundo branco e o blocos representados por modelos flexíveis (*CDU*) com fundo azul.

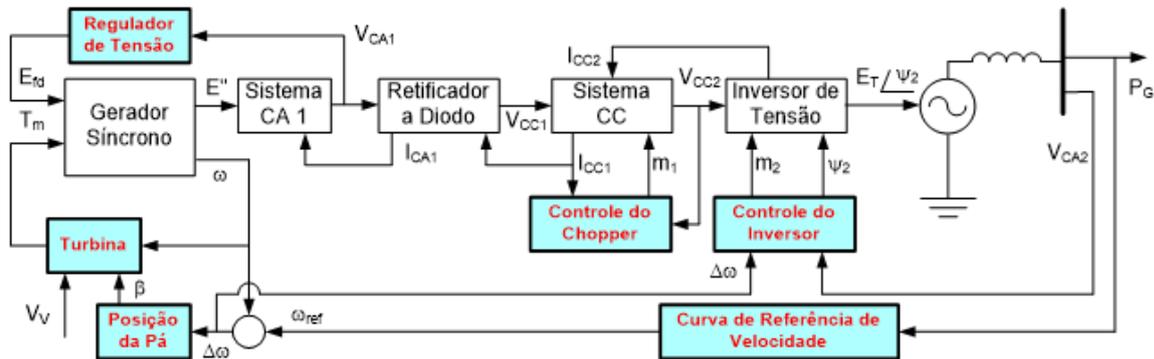


Fig. 20.4: Modelos envolvidos na representação de gerador síncrono de velocidade variável

### 20.1.1 Modelo Predefinido de Gerador Síncronos Eólicos

A definição de modelo predefinido de Geradores Eólicos Síncronos é realizada pelo código *DMGE*. A opção *MD01* deve ser utilizada para ativação da leitura de dados do modelo *built-in* de gerador eólico síncrono.

O preenchimento dos parâmetros e o diagrama de blocos deste modelo é detalhado a seguir:

#### DMGE MD01

##### Primeira Régua

<b>No</b>	Número de identificação do modelo.
<b>CS</b>	Número de identificação da curva de saturação, como definido no campo <i>Nc</i> código <i>DCST</i> .
<b>Ld</b>	Indutância síncrona de eixo direto, em %.
<b>Lq</b>	Indutância síncrona de eixo em quadratura, em %.
<b>L'd</b>	Indutância transitória de eixo direto, em %.
<b>L''d</b>	Indutância subtransitória de eixo direto, em %.
<b>Ll</b>	Indutância de dispersão da armadura, em %.
<b>T'd</b>	Constante de tempo transitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos.
<b>T''d</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos.
<b>T''q</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo em quadratura em circuito aberto, em segundos.

##### Segunda Régua

<b>No</b>	Número de identificação do modelo definido no primeira régua.
<b>Ra</b>	Resistência do enrolamento de armadura, em %.
<b>H</b>	Constante de inércia, em segundos. Representa a relação entre a energia cinética armazenada no grupo turbina-gerador, à velocidade síncrona, e a potência aparente nominal da máquina.
<b>D</b>	Constante de amortecimento, em $pu/pu$ . Representa a relação entre a potência de amortecimento, em $pu$ na base da máquina e a variação da velocidade do rotor, em $pu$ na base da velocidade síncrona.
<b>MVA</b>	Potência aparente nominal da máquina, em $MVA$ , usada como base para os parâmetros e para as grandezas da máquina.
<b>Freq</b>	Frequência nominal da máquina, em $Hz$ .
<b>Bf</b>	Valor da admitância shunt correspondente a filtro nos terminais do gerador, em $pu$ .
<b>C</b>	Indica se será considerada ( <i>S</i> ) ou não ( <i>N</i> ) a correção com a frequência nas equações de oscilação eletromecânica e nas equações elétricas do gerador. Se for deixado em branco, será considerado o valor <i>N</i> .
<b>Pbcc</b>	Potência base do sistema CC, em $MW$ .
<b>Vbcc</b>	Tensão base do sistema CC, em $kV$ .
<b>Rs</b>	Resistência do reator do “ <i>chopper</i> ”, em ohms.
<b>Ls</b>	Indutância do reator do “ <i>chopper</i> ”, em $mH$ .
<b>Cvsi</b>	Capacitância do capacitor CC do inversor, em $mF$ .

### Terceira Régua

<b>No</b>	Número de identificação do modelo definido no primeira régua.
<b>N</b>	Número de pontes de 6 pulsos no retificador.
<b>Xtr1</b>	Reatância de transformador do conversor 1 (retificador), em %.
<b>Tap1</b>	Tap de transformador do conversor 1 (retificador) no lado secundário, em $pu$ .
<b>Vtr1</b>	Tensão base no lado secundário do transformador do conversor 1 (retificador), em $pu$ .
<b>Str1</b>	Potência base do transformador do conversor 1 (retificador), em $MVA$ .
<b>Xtr2</b>	Reatância do transformador do conversor 2 (inversor), em %.
<b>Tap2</b>	Tap do transformador do conversor 2 (inversor) no lado secundário, em $pu$ .
<b>Vtr2</b>	Tensão base no lado secundário do transformador do conversor 2 (inversor), em $kV$ .
<b>Str2</b>	Potência base do transformador do conversor 2 (inversor), em $MVA$ .
<b>Vcmn</b>	Tensão mínima do capacitor CC para desligamento do equipamento, em $pu$ .
<b>Vcmx</b>	Tensão máxima do capacitor CC para desligamento do equipamento, em $pu$ .

## 20.2 Associação de Geradores Síncronos Eólicos

A figura abaixo apresenta o esquema geral simplificado do aerogerador:

A associação do modelo dinâmico do gerador eólico síncrono aos seus controles é feita através do código *DGSE*, cujo preenchimento de parâmetros é detalhado a seguir:

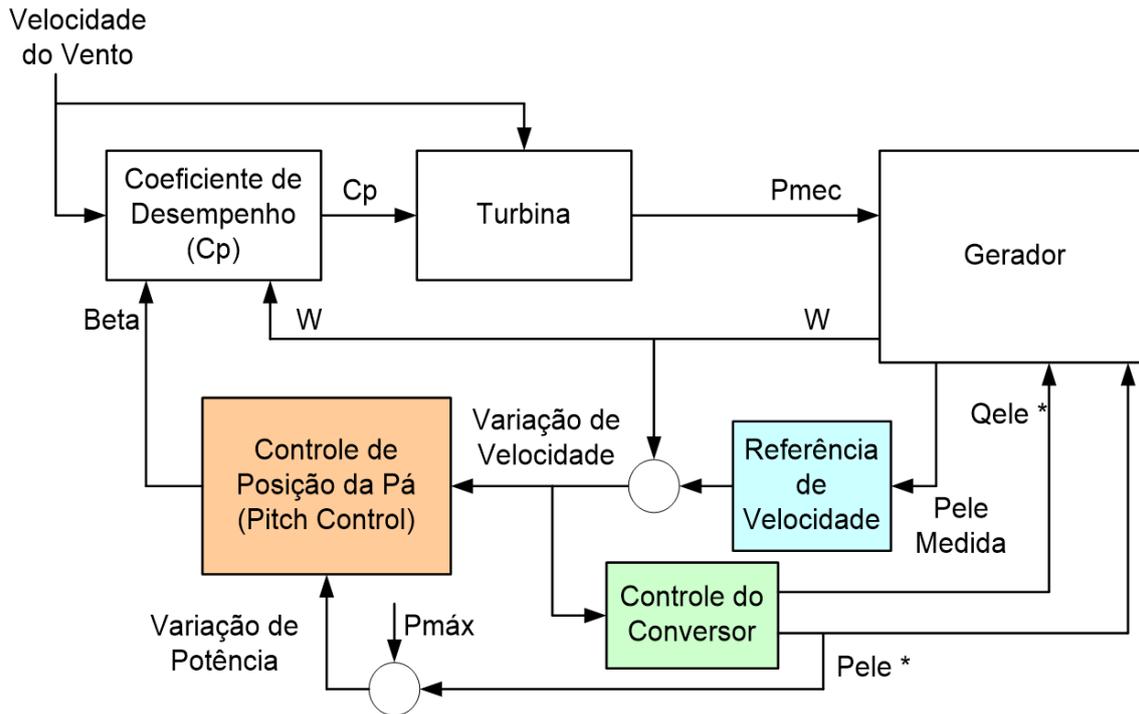


Fig. 20.5: Esquema simplificado de controle do aerogerador

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra de geração à qual deverá ser associada o modelo de gerador eólico como máquina síncrona e respectivos sistemas de controle.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento. Em uma barra de geração podem estar conectados um ou mais grupos de gerador eólico como máquina síncrona. Um grupo de gerador eólico com máquina síncrona pode ser constituído por uma ou mais unidades idênticas.
<b>P</b>	Fator que define o percentual da potência ativa gerada na barra pelo grupo de equipamentos. Se deixado em branco será considerado igual a 100%. A soma dos fatores dos grupos de equipamentos de uma barra de geração tem que totalizar 100%. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> .
<b>Q</b>	Fator que define o percentual da potência reativa gerada na barra pelo grupo de equipamento. Se deixado em branco será considerado igual a 100%. A soma dos fatores dos grupos de equipamentos de uma barra de geração tem que totalizar 100%. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> .
<b>Und</b>	Número de unidades iguais que constituem um grupo de equipamentos equivalente. Se for deixado em branco será considerado 1 unidade.
<b>Mg</b>	Número de identificação do modelo de gerador eólico com máquina síncrona, como definido no campo <i>No</i> do código de execução <i>DMGE</i> .
<b>Mt</b>	Número de identificação do modelo de regulador de tensão, como definido no campo <i>No</i> do código <i>DRGT</i> ou no campo <i>ncdu</i> do código de execução <i>DCDU</i> .
<b>u</b>	Letra <i>U</i> se o modelo de regulador de tensão foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou como topologia pelo código <i>DTDU</i> .
<b>Mv</b>	Número de identificação do modelo de turbina eólica, como definido no campo <i>ncdu</i> do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, no código <i>ACDU</i> .
<b>u</b>	Letra <i>U</i> se o modelo de turbina eólica foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou como topologia pelo código <i>DTDU</i> . Atualmente só há modelo <i>CDU</i> .
<b>Mc1</b>	Número de identificação do modelo do regulador de tensão CC (“chopper”), como definido no campo <i>ncdu</i> do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, no código <i>ACDU</i> .
<b>u</b>	Letra <i>U</i> se o modelo de regulador de tensão CC (“chopper”) foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou como topologia pelo código de execução <i>DTDU</i> . Atualmente só há modelo <i>CDU</i> .
<b>Mc2</b>	Número de identificação do modelo do inversor de tensão ( <i>VSI</i> ), como definido no campo <i>ncdu</i> do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, no código <i>ACDU</i> .
<b>u</b>	Letra <i>U</i> se o modelo de inversor de tensão ( <i>VSI</i> ) foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou como topologia pelo código de execução <i>ACDU</i> . Atualmente só há modelo <i>CDU</i> .
<b>Freq0</b>	Frequência inicial da máquina síncrona, em <i>Hz</i> .
<b>Vtr0</b>	Valor inicial para a tensão da máquina síncrona, em <i>pu</i> .

## 20.3 Eventos em Geradores Síncronos Eólicos

Os seguintes eventos podem ser aplicados em *GSE* (código *DEVT*):

### 20.3.1 Alteração de Estado Operativo

#### RMGE

Remoção de unidade de gerador eólico com máquina síncrona.

<b>EI</b>	Identificador da barra CA associada ao gerador eólico síncrono
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo de equipamento ( <i>default = todos os grupos</i> )
<i>Un</i>	Número de unidades que serão removidas do grupo de gerador eólico síncrono ( <i>default = todas</i> )

**Cuidado:** Caso o campo Número de Unidades (*Un*) esteja em branco serão desligadas todas as unidades ainda existentes no grupo de gerador eólico síncrono especificado pelos campos Elemento (**EI**) e Grupo de Equipamento (*Gr*). Caso o campo Grupo de Equipamento (*Gr*) também esteja em branco então serão desligados todos os grupos de equipamento relacionados com o evento que estejam conectados à barra especificada pelo campo Elemento (**EI**).

## 20.4 Plotagem de Geradores Síncronos Eólicos

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos geradores eólicos tipo máquina síncrona requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA à qual está conectado o gerador eólico tipo máquina síncrona
<b>Gp</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à variável de plotagem
<i>Br</i>	Número de identificação da barra CA à qual está conectado o gerador eólico tipo máquina síncrona de referência de ângulo
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo de gerador eólico tipo máquina síncrona, cujo eixo $q$ será tomado como referência para a plotagem de ângulos. Nesta opção, caso não sejam preenchidos, será utilizado o centro de massa do sistema como referência de ângulos

**Nota:** Caso o campo Barra de Referência seja preenchido com 0 e o campo Grupo de Máquina de Referência seja deixado em branco, será usado como referência uma referência síncrona que em  $t = 0$  esteja com ângulo 0.

O seguinte identificador deve ser utilizado para selecionar a variável relativa aos geradores eólicos tipo máquina síncrona:

#### PMGSE

Potência mecânica do gerador, em MW.

#### TMGSE

Torque mecânico do gerador, em pu.

#### VTRGSE

Tensão terminal do gerador, em pu.

#### FGSE

Frequência do gerador, em Hz.

#### EFDGSE

Tensão do campo do gerador, em pu.

**DLTGSE**

Ângulo do eixo “q” do gerador, em graus.

**PEGSE**

Potência elétrica ativa interna da máquina síncrona equivalente, em MW.

**PE1GSE**

Potência elétrica ativa terminal da máquina síncrona equivalente, em MW.

**QE1GSE**

Potência elétrica reativa terminal da máquina síncrona equivalente, em Mvar.

**PE2GSE**

Potência elétrica ativa total injetada no sistema CA, em MW.

**QE2GSE**

Potência elétrica reativa total injetada no sistema CA, em Mvar.

**FM1GSE**

Fator de modulação do “*chopper*” (adimensional).

**FM2GSE**

Fator de modulação do inversor *VSI* (adimensional).

**PH2GSE**

Ângulo de fase da tensão CA do inversor *VSI*, em graus.

**IGSE**

Módulo da corrente total injetada no sistema CA, em pu na base do sistema.

**VC1GSE**

Tensão CC no lado do retificador, em pu.

**VC2GSE**

Tensão CC no lado do inversor, em pu.

**IC1GSE**

Corrente CC no lado do retificador, em pu.

**IC2GSE**

Corrente CC no lado do inversor, em pu.

**VD0GSE**

Tensão  $V_d$  a vazio do retificador, em pu.

**IM1GSE**

Módulo da corrente drenada pelo retificador, em pu na base da máquina.

**ELLGSE**

Módulo da tensão interna da máquina, em pu.

**ELRGSE**

Componente real da tensão interna da máquina, em pu.

**ELIGSE**

Componente imaginária da tensão interna da máquina, em pu.

**LLLGSE**

Módulo do enlace de fluxo subtransitório da máquina, em pu.

**LLDGSE**

Componente “*d*” do enlace de fluxo subtransitório da máquina, em pu.

**LLQGSE**

Componente “*q*” do enlace de fluxo subtransitório da máquina, em pu.

**GGSE**

Valor da condutância variável de dissipação em paralelo com o capacitor CC, em pu.

**WRFGSE**

Valor em pu da referência para controle de velocidade do gerador.

## 20.5 Variáveis CDU de Geradores Síncronos Eólicos

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados a certos equipamentos:

**WGSE**

*IMPORT DEFVAL*

Velocidade angular do rotor da máquina síncrona de gerador eólico, em pu.

**WRFGSE**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Valor em pu da referência para controle de velocidade da máquina síncrona de gerador eólico.

**TMGSE**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Torque mecânico da máquina síncrona de gerador eólico, em pu na base da máquina.

**PMGSE**

*IMPORT DEFVAL*

Potência mecânica da máquina síncrona de gerador eólico, em pu na base da máquina.

**VTRGSE**

*IMPORT DEFVAL*

Tensão terminal da máquina síncrona de gerador eólico, em pu.

**EFDGSE**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Tensão do campo da máquina síncrona de gerador eólico, em pu.

**DLTGSE**

*IMPORT DEFVAL*

Ângulo do eixo  $q$  da máquina síncrona de gerador eólico, em radianos.

**PE1GSE**

*IMPORT DEFVAL*

Potência elétrica ativa terminal saindo da máquina síncrona de gerador eólico, em pu na base da máquina.

**QE1GSE**

*IMPORT DEFVAL*

Potência elétrica reativa terminal saindo da máquina síncrona de gerador eólico, em pu na base da máquina.

**PE2GSE**

*IMPORT DEFVAL*

Potência elétrica ativa injetada no sistema CA pelo inversor do gerador eólico com máquina síncrona, em pu na base do transformador do inversor.

**QE2GSE**

*IMPORT DEFVAL*

Potência elétrica reativa injetada no sistema CA pelo inversor do gerador eólico com máquina síncrona, em pu na base do transformador do inversor.

**IC1GSE**

*IMPORT DEFVAL*

Corrente CC saindo do retificador do gerador eólico com máquina síncrona, em pu.

**IC2GSE**

*IMPORT DEFVAL*

Corrente CC entrando no inversor do gerador eólico com máquina síncrona, em pu.

**VC1GSE**

*IMPORT DEFVAL*

Tensão CC no lado do retificador do gerador eólico com máquina síncrona, em pu.

**VC2GSE**

*IMPORT DEFVAL*

Tensão CC no lado do inversor do gerador eólico com máquina síncrona, em pu.

**FM1GSE**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Fator de modulação do *chopper* (adimensional) do gerador eólico com máquina síncrona.

**FM2GSE**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Fator de modulação do inversor *VSI* (adimensional) do gerador eólico com máquina síncrona.

**PH2GSE**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Ângulo de fase da tensão CA do inversor *VSI* do gerador eólico com máquina síncrona, em radianos.

**IRGSE**

*IMPORT DEFVAL*

Componente real da corrente CA injetada no sistema pelo inversor *VSI* do gerador eólico com máquina síncrona, em pu na base do transformador do inversor.

**IIGSE**

*IMPORT DEFVAL*

Componente real da corrente CA injetada no sistema pelo inversor *VSI* do gerador eólico com máquina síncrona, em pu na base do transformador do inversor.

**SBMGSE**

*IMPORT DEFVAL*

Potência base de 1 unidade da máquina da máquina síncrona de gerador eólico, em MW.

**XT2GSE**

*IMPORT DEFVAL*

Reatância do transformador do inversor *VSI* do gerador eólico com máquina síncrona, em pu na base do transformador.

**TP2GSE**

*IMPORT DEFVAL*

*Tap* (no lado secundário) do transformador do inversor *VSI* do gerador eólico com máquina síncrona, em pu.

**SB2GSE**

*IMPORT DEFVAL*

Potência base do transformador do inversor *VSI* do gerador eólico com máquina síncrona, em MVA.

**KC2GSE**

*IMPORT DEFVAL*

Fator de ganho para tensão CA interna do inversor *VSI* do gerador eólico com máquina síncrona

$$:K_c = \frac{V_{baseCC} \sqrt{6}}{4a_2 V_{baseCC}},$$

sendo  $a_2$  é o *tap* do transformador do inversor no lado secundário, em pu.

**FNGSE**

*IMPORT DEFVAL*

Frequência nominal da máquina da máquina síncrona de gerador eólico, em Hz.

**GGSE**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Valor da condutância em paralelo com o capacitor CC do inversor VSI do gerador eólico com máquina síncrona, para dissipação de energia em caso de curto-circuito no lado CA próximo ao equipamento, em pu.

## 20.6 Relés com atuação em Geradores Síncronos Eólicos

Os seguintes modelos *built-in* de relés estão disponíveis com atuação em máquinas de indução no sistema (código *DREL*):

**DREL MD15**

Relé de sub/sobrefrequência para desligamento de geração eólica com conexão direta. Este relé tem por objetivo representar a proteção do gerador eólico com contra desvios excessivos de velocidade, por distúrbios na rede CA ou devido a variações repentinas no vento. Portanto, no caso de atuação, todas as unidades do grupo protegido serão desligadas. A frequência usada para monitoração é a frequência no estator da máquina induzida pelo campo do rotor.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra.
<b>Ng</b>	Número de identificação do grupo de máquinas. Este campo em conjunto com o campo <i>Nb</i> serve para localizar onde está conectado o relé de sub/sobrefrequência.
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H - frequência em hertz (Hz) preenchido, assume-se dados</li> <li>• P - frequência em pu. Caso este campo não seja de frequência em pu.</li> </ul>
<b>Fmn</b>	Valor mínimo de ajuste para monitoração da frequência da máquina, em pu ou Hz, conforme campo <i>H</i> .
<b>Fmx</b>	Valor máximo de ajuste para monitoração da frequência da máquina, em pu ou Hz, conforme campo <i>H</i> .
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no corte de geração.

## 20.7 Códigos Relacionados

Definição de Modelos: *DMGE DCDU*

Associação de Modelos e Controles: *DGSE*



## Fonte *Shunt* Controlável por CDU



Wind turbine on field near solar panel, Wallpaper Flare

Através do código *DFNT* é possível representar uma parcela da geração da barra CA (geração esta definida no programa de fluxo de potência *Anarede*) por um modelo de fonte shunt controlada por modelo *CDU*. Esta fonte pode ser de tensão (modelo equivalente de Thévenin) ou de corrente (modelo equivalente de Norton), como mostrado abaixo.

---

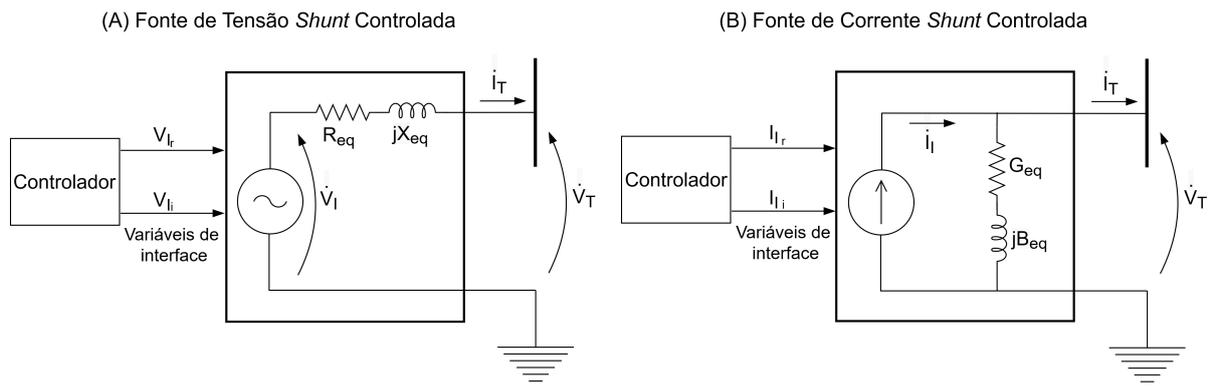
**Nota:** O modelo do controlador deve calcular as componentes real e imaginária da variável de interface (tensão ou corrente), segundo a referência do sistema CA.

---

### 21.1 Definição de Fonte Shunt Controlada

A definição do modelo *Controladores Definidos pelo Usuário* de fonte shunt controlada é feita através do código *DCDU*.

A fonte de tensão (Figura (A)) deverá ter sempre impedância equivalente não nula ( $R_{eq} \neq 0$  e/ou  $X_{eq} \neq 0$ ), ou seja, ela não pode ser uma fonte ideal. Já a fonte de corrente (Figura (B)) pode ter admitância equivalente nula ( $G_{eq} = B_{eq} = 0$ ), ou seja, pode ser uma fonte ideal. Caso não seja definida uma base de potência específica para este tipo de modelo (campo de dados *Sbas*), as grandezas importadas e exportadas usam a base e potência do sistema CA (conforme definida no programa *Anarede*). Se não for definido um número de unidades para cada grupo de geração modelado pela fonte controlada (campo de dados *Und*), será assumido o valor 1, o que significa que esta fonte (assim como sua impedância/admitância) corresponde ao equivalente do grupo.



sendo, para a fonte de tensão *shunt* controlada

$$\dot{V}_I = V_{I_r} + jV_{I_i} \quad \dot{V}_T = V_{T_r} + jV_{T_i} \quad \dot{I}_T = I_{T_r} + jI_{T_i}$$

e para a fonte de corrente *shunt* controlada

$$\dot{I}_I = I_{I_r} + jI_{I_i} \quad \dot{V}_T = V_{T_r} + jV_{T_i} \quad \dot{I}_T = I_{T_r} + jI_{T_i}$$

## 21.2 Associação de Fonte Shunt Controlada

A associação do modelo *Controladores Definidos pelo Usuário* de fonte shunt controlada à barra de geração da rede elétrica definida no Anarede é feita através do código *DNFT*, conforme a seguir:

**DNFT**

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra CA correspondente à parcela de geração que deverá ser associada ao modelo de fonte <i>shunt</i> controlada.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de geração modelado por fonte <i>shunt</i> controlada. Em uma barra podem estar conectados um ou mais grupos de geração modelados por fonte <i>shunt</i> controlada.
<b>T</b>	Define o tipo de modelo de fonte <i>shunt</i> controlada: <i>V</i> para modelo com fonte de tensão (modelo equivalente de <i>Thévenin</i> ) e <i>I</i> para modelo com fonte de corrente (modelo equivalente de <i>Norton</i> )
<b>FP%</b>	Fator que define o percentual da geração ativa total inicial da barra (calculada pelo programa de fluxo de potência) correspondente ao grupo de geração que será modelado por fonte <i>shunt</i> controlada. A soma dos fatores dos grupos de geração de uma mesma barra devem totalizar 100% (é dada uma tolerância de $\pm 0.1\%$ ).
<b>FQ%</b>	Fator que define o percentual da geração reativa total inicial da barra (calculada pelo programa de fluxo de potência) correspondente ao grupo de geração que será modelado por fonte <i>shunt</i> controlada. A soma dos fatores dos grupos de geração de uma mesma barra devem totalizar 100% (é dada uma tolerância de $\pm 0.1\%$ ).
<i>Und</i>	<b>Número de unidades iguais que constituem o grupo de geração modelado por fonte <i>shunt</i> controlada. Se for deixado em branco será considerado</b> 1 unidade.
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo de fonte <i>shunt</i> controlada, como definido no campo <i>CDU</i> do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, do código <i>ACDU</i> . Atualmente, não existe modelo predefinido de fonte <i>shunt</i> controlada.
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de fonte <i>shunt</i> controlada foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, do código <i>ACDU</i> .
<b>R ou G</b>	Caso o modelo seja do tipo fonte de tensão (modelo <i>Thévenin</i> ), corresponde à resistência equivalente de uma unidade do modelo que representa a parcela de geração, em % na base do equipamento. Caso o modelo seja do tipo fonte de corrente (modelo <i>Norton</i> ), corresponde à condutância equivalente de uma unidade do modelo que representa a parcela de geração.
<b>X ou B</b>	Caso o modelo seja do tipo fonte de tensão (modelo <i>Thévenin</i> ), corresponde à reatância equivalente de uma unidade do modelo que representa a parcela de geração, em % na base do equipamento. Caso o modelo seja do tipo fonte de corrente (modelo <i>Norton</i> ), corresponde susceptância equivalente de uma unidade do modelo que representa a parcela de geração.
<i>Sbas</i>	Potência aparente nominal de uma unidade de geração modelada como fonte <i>shunt</i> controlada, em <i>MVA</i> , usada como base para os sinais de corrente e potência de entrada/saída do modelo. Se for deixado em branco assume o valor da base do sistema, especificado pela constante <i>BASE</i> do <i>Anarede</i> .
<b>21.2. Associação de Fonte Shunt Controlada</b>	

**Dica:** Em uma mesma barra CA podem ser definidos diferentes grupos de fonte controlada, cada um modelado de maneira diferente, conforme o exemplo a seguir:

Listagem 21.1: Exemplo de associação de múltiplos grupos de fonte shunt controlada à barra 10

```

1 (=====
2 ( ASSOCIAÇÃO DE FONTES SHUNT CONTROLADA À BARRA 10
3 (=====
4 DFNT
5 ( Nb)   Gr T (FP%) (FQ%) Und ( Mc )u (R ou G) (X ou B) (Sbas)
6   10   10 I   50   50   5   101U   1.2   4.0
7   10   20 I   25   25   2   201U   1.9   3.0
8   10   30 I   25   25  12   202U   1.9   3.0
9 999999

```

Os fatores de participação das fontes em uma mesma barra deverão totalizar 100%.

Unidades de fontes shunt controlada podem ser desligadas através do código *DEVT* (evento *RFNT*).

## 21.3 Eventos em Fonte Shunt Controlada

Os seguintes eventos podem ser aplicados em Fontes Shunt Controladas (código *DEVT*):

### 21.3.1 Alteração de Estado Operativo

#### RFNT

Remoção de unidades ou grupo de fonte shunt controlada.

<b>EI</b>	Identificador da barra CA associada à fonte shunt controlada
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo de equipamento ( <i>default = todos os grupos</i> )
<i>Un</i>	Número de unidades que serão removidas do grupo de fonte shunt controlada ( <i>default = todas</i> )

**Cuidado:** Caso o campo Número de Unidades (*Un*) esteja em branco serão desligadas todas as unidades ainda existentes no grupo de fonte shunt controlada especificado pelos campos Elemento (**EI**) e Grupo de Equipamento (*Gr*). Caso o campo Grupo de Equipamento (*Gr*) também esteja em branco então serão desligados todos os grupos de equipamento relacionados com o evento que estejam conectados à barra especificada pelo campo Elemento (**EI**).

## 21.4 Plotagem de Fonte Shunt Controlada

A régua para a plotagem de variáveis relativas a fonte shunt controlada requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA associada a fonte shunt controlada no código <i>DFNT</i>
<b>Gp</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à variável de plotagem

**Atenção:** Os sinais IIRFNT, IIIFNT, ITRFNT, ITIFNT, PFNT, QFNT adotam convenção de gerador, isto é:

- IIRFNT, IIIFNT, ITRFNT e ITIFNT positivos para corrente entrando no sistema CA;
- PFNT e QFNT positivos para potência entrando no sistema CA.

Os identificadores a serem utilizados para seleccionar variáveis relativas a fontes shunt controladas são descritos a seguir:

#### **VIRFNT**

Componente real da fonte de tensão interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de tensão shunt controlada ( $V_{Ir}$ ), em pu na base do sistema CA.

#### **VIIFNT**

Componente imaginária da fonte de tensão interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de tensão shunt controlada ( $V_{Ii}$ ), em pu na base do sistema CA.

#### **VIMFNT**

Módulo da fonte de tensão interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de tensão shunt controlada, em pu na base do sistema CA.

#### **IIRFNT**

Componente real da fonte de corrente interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de corrente shunt controlada ( $I_{Ir}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

#### **IIIFNT**

Componente imaginária da fonte de corrente interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de corrente shunt controlada ( $I_{Ii}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

#### **IIMFNT**

Módulo da fonte de corrente interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de corrente shunt controlada, correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

#### **ITRFNT**

Componente real da corrente terminal injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente) ( $I_{Tr}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

#### **ITIFNT**

Componente imaginária da corrente terminal injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente) ( $I_{Ti}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

#### **ITMFNT**

Módulo da corrente terminal injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

#### **PFNT**

Potência ativa total injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente), em MW.

#### **QTFNT**

Potência reativa total injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente), em Mvar.

#### **STFNT**

Potência aparente injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente), em MVA.

## 21.5 Variáveis CDU de Fonte Shunt Controlada

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados ao compensador estático ou por locais remotos de medição (*FNT* no código *DLOC*):

**Atenção:** Os subtipos VIRFNT, VIIFNT e VIMFNT só poderão ser utilizados se o modelo de fonte controlada ao qual eles se referem for do tipo fonte de tensão (modelo Thévenin). Os subtipos IIRFNT, IIIFNT e IIMFNT só poderão ser utilizados se o modelo de fonte controlada ao qual eles se referem for do tipo fonte de corrente (modelo Norton).

### VIRFNT

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Componente real da fonte de tensão interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de tensão shunt controlada ( $V_{Ir}$ ), em pu na base do sistema CA.

### VIIFNT

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Componente imaginária da fonte de tensão interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de tensão shunt controlada ( $V_{Ii}$ ), em pu na base do sistema CA.

### VIMFNT

*IMPORT DEFVAL*

Módulo da fonte de tensão interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de tensão shunt controlada, em pu na base do sistema CA.

### IIRFNT

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Componente real da fonte de corrente interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de corrente shunt controlada ( $I_{Ir}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

### IIIFNT

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Componente imaginária da fonte de corrente interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de corrente shunt controlada ( $I_{Ii}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

### IIMFNT

*IMPORT DEFVAL*

Módulo da fonte de corrente interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de corrente shunt controlada, correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

### ITRFNT

*IMPORT DEFVAL*

Componente real da corrente terminal injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente) ( $I_{Tr}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

### ITIFNT

*IMPORT DEFVAL*

Componente imaginária da corrente terminal injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente) ( $I_{Ti}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

### ITMFNT

*IMPORT DEFVAL*

Módulo da corrente terminal injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

**PTFNT***IMPORT DEFVAL*

Potência ativa injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

**QTFNT***IMPORT DEFVAL*

Potência reativa injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente) , correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

**STFNT***IMPORT DEFVAL*

Potência aparente injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

**NUFNT***IMPORT DEFVAL*

Número de unidades em operação do grupo de fonte shunt controlada.

**ESTFNT***IMPORT DEFVAL EXPORT*

Número de unidades em operação do grupo de fonte shunt controlada.

### 21.5.1 Local Remoto de Fonte Shunt Controlada

O tipo *FNT* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA onde está conectado o elemento
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento associado à localização do sinal

## 21.6 Códigos Relacionados

Definição de Modelos de Fonte Shunt Controlada: *DCDU*

Análise de Interação entre Fontes Shunt Controladas: *EAIF*

Outros: *DEVT DLOC DPLT*



## **Parte V**

# **Equipamentos FACTs e HVDC**





Wikimedia Commons - HVDC thyristor valve hall, Haywards, New Zealand

**Atenção:** Barras CA devem ser definidas no caso de fluxo de potência e são informadas ao programa por meio do arquivo histórico.

As barras são o elemento estrutural mais básico do caso de fluxo de potência. A partir de sua identificação (número), grande parte dos equipamentos são adicionados no Anatem. Estes elementos podem sofrer a ação de curtos-circuitos, em qualquer instante de tempo da simulação, por meio do código *DEVT*. Também podem ter seus valores de carga e geração alterados por relés, *CDU*'s ou eventos.

## 22.1 Eventos em Barras CC

Os seguintes eventos podem ser aplicados em barras CC (código *DEVT*):

### 22.1.1 Eventos de Curto-Circuito

#### ACBC

Aplicação de curto-circuito franco em barra CC.

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CC
-----------	-------------------------------------

#### RCBC

Remoção de curto-circuito em barra CC.

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CC
-----------	-------------------------------------

## 22.2 Plotagem de Barras CC

A régua para a plotagem de variáveis relativas às barras CC requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

El	Número de identificação do barra CC
----	-------------------------------------

O seguinte identificador deve ser utilizado para selecionar a variável relativa à barra CC:

### VBDC

Tensão de barra CC, em pu.

## 22.3 Variáveis CDU de Barras CC

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados a certos equipamentos ou por locais remotos de medição (*BARRCC* no código *DLOC*):

### VBDC

*IMPORT*

Tensão em barra CC, em pu na base do elo CC.

### 22.3.1 Local Remoto de Barras CC

O tipo *BARRCC* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

El	Número de identificação da barra CC
----	-------------------------------------

## 22.4 Códigos Relacionados

Outros: *DEVT DLOC DPLT*



Wikimedia Commons - HVDC thyristor valve hall, Haywards, New Zealand

A linha de transmissão CC é representada no Anarede por uma resistência pura e conecta duas barras CC; no *Anatem* é obrigatório que cada linha CC possua indutância maior que zero. Este dado pode ser fornecido no Anarede, ou de forma excepcional, no *Anatem* através do código *DCLI*.

## 23.1 Eventos em Linhas CC

Os seguintes eventos podem ser aplicados em linhas CC (código *DEVT*):

### 23.1.1 Eventos de Curto-Circuito

#### ACLC

Aplicação de curto-circuito franco no meio das linhas CC. O curto-circuito permanece ativo enquanto não for eliminado por meio do evento de remoção de curto-circuito RCLC.

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CC correspondente a extremidade <i>DE</i> do elo CC
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado ao evento
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo no qual será aplicado o evento ( <i>default</i> = 1)

#### RCLC

Remoção de curto-circuito em linha CC.

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CC correspondente a extremidade <i>DE</i> do elo CC
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado ao evento
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo no qual será aplicado o evento ( <i>default</i> = 1)

## 23.1.2 Eventos Relacionados à Proteção

### LPCC

Ativação da proteção contra curto-circuito na rede CC (somente para elos CC com modelo predefinido).

<b>EI</b>	Número de identificação do elo CC, conforme definido no código de execução <i>DELO</i>
<b>P</b>	Polaridade do elo a ter a proteção contra falta na rede CC ativada ou desativada: “+” para polo positivo, “-” para polo negativo e em branco para ambos os polos

### DPCC

Desativação da proteção contra curto-circuito na rede CC (só para elos CC com modelo predefinido).

<b>EI</b>	Número de identificação do elo CC, conforme definido no código de execução <i>DELO</i>
<b>P</b>	Polaridade do elo a ter a proteção contra falta na rede CC ativada ou desativada: “+” para polo positivo, “-” para polo negativo e em branco para ambos os polos

## 23.2 Plotagem de Linhas CC

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos circuitos CC requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i>
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado à variável de plotagem
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo associado à variável de plotagem ( <i>default = 1</i> )

Os seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos circuitos CC:

### ILDC

Corrente do circuito CC, em pu.

### PLDC

Fluxo de potência do circuito CC, em MW.

### VBML

Tensão no meio da linha CC, em pu.

## 23.3 Variáveis CDU de Linhas CC

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados a certos equipamentos ou por locais remotos de medição (*CIRCCC* no código *DLOC*):

### ILDC

*IMPORT*

Corrente entrando no terminal da linha CC, em pu na base do elo CC.

### PLDC

*IMPORT*

Potência elétrica entrando no terminal da linha CC, em pu na base do elo CC.

### 23.3.1 Local Remoto de Circuitos CC

O tipo *CIRCCC* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>El</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito associado à localização do sinal
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado à localização do sinal
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo associado à localização do sinal ( <i>default = 1</i> )
<i>Ex</i>	Número de identificação da extremidade do circuito associado à localização do sinal ( <i>default = DE</i> )

### 23.4 Códigos Relacionados

Modelo Estático: *DCLI*

Outros: *DEVT DLOC DPLT*



## Elos de Corrente Contínua LCC



Wikimedia Commons - HVDC thyristor valve hall, Haywards, New Zealand

Nesta seção serão detalhados os comandos e recursos disponíveis no Anatem para a análise dinâmica de elos de Corrente Contínua em Alta Tensão - CCAT ( *High Voltage Direct Current* - HVDC) comutados pela rede CA, denominados Line Commutated Converters (*LCC*).

A configuração do elo é definida pelos dados de entrada do Anarede de acordo com a conexão de seus elementos.

Os elos CC são representados através dos elementos:

- Barra CC
- Linha CC
- Conversor CC
- Sistema de Controle (*built-in* ou *CDU*).

A barra CC conecta um ou mais conversores a uma linha CC ou a um eletrodo de terra, sendo neste último caso denominada barra neutra. O conversor (retificador ou inversor) conecta a barra CA de interface à linha CC e ao eletrodo de terra; os controles do elo CC atuam no conversor.

As barras CC podem ter polaridade positiva, negativa ou nula (barra neutra). A corrente de conversor é sempre positiva e a tensão de saída de conversor é, por convenção, positiva para retificador e negativa para inversor, correspondendo à diferença entre as tensões dos terminais catodo e anodo, respectivamente.

O elemento conversor engloba o transformador e as válvulas de disparo. Os dados básicos de conversores, elos e barras CC são obtidos do caso de fluxo de potência (arquivo histórico).

Dados adicionais são fornecidos através dos Códigos de Execução:

- *DCLI* - Modificação de dados de indutâncias de linhas CC
- *DMCV* - Modelos *built-in* de controle de conversor
- *DMEL* - Modelos *built-in* de elos CC
- *DCDU* - Modelos definidos pelo usuário
- *DCNV* - Associação de conversor CC aos seus controles

- *DELO* - Associação de elo CC ao seu controle

Pontes conversoras podem ser removidas por “by-pass” por meio do código *DEVT* (evento *RMPC*).

## 24.1 Transmissão CCAT

No caso do Brasil, a expansão da geração ocorre preponderantemente por meio de usinas hidrelétricas (UHE), haja vista a abundância de recursos hídricos, sobretudo na região Norte-Nordeste do país. Por outro lado, os principais centros de carga estão localizados na região Sudeste, e portanto, surge a necessidade de instalação de longos sistemas de transmissão no Sistema Interligado Nacional (SIN).

Neste cenário, a transmissão em corrente contínua pode se tornar a melhor alternativa técnico-econômica para expansão do sistema de transmissão, especialmente para a **transmissão de grandes blocos de energia elétrica a grandes distâncias**.

A figura abaixo compara as alternativas de transmissão CA e CC em função do comprimento da linha de transmissão.

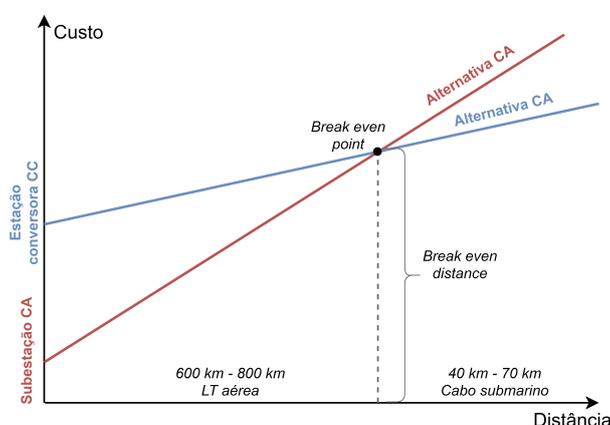


Fig. 24.1: Comparação entre as alternativas de transmissão CA e CC

A pequenas distâncias, a transmissão CA torna-se mais atrativa pois não requer a instalação dos equipamentos custosos de conversão CA-CC e CC-CA. No entanto, conforme a distância da linha aumenta, o custo inicial com as estações retificadora e inversora somados ao custo da linha CC por comprimento, tornam-se inferiores à alternativa CA. Isto se deve ao fato de que a transmissão em CA envolve grandes perdas maiores e o aumento do nível de tensão nem sempre é viável. Além disso, naturalmente, o custo da linha de CA por comprimento é superior ao custo da linha CC, pois são utilizados pelo menos três condutores, enquanto na transmissão em CC seriam necessários apenas dois condutores para transmitir a mesma potência.

**Nota:** O ponto a partir do qual as alternativas CA e CC se tornam equivalentes é denominado como *break even point* e o comprimento da linha de transmissão neste ponto é denominado *break even distance*, e ocorre, tipicamente, em torno de 600 e 800 km em linhas aéreas e em torno de 40 e 70 km em cabos submarinos.

### 24.1.1 Principais Equipamentos de Sistemas de Transmissão CCAT

A figura a seguir ilustra os principais componentes de um sistema CCAT, enumerados a seguir:

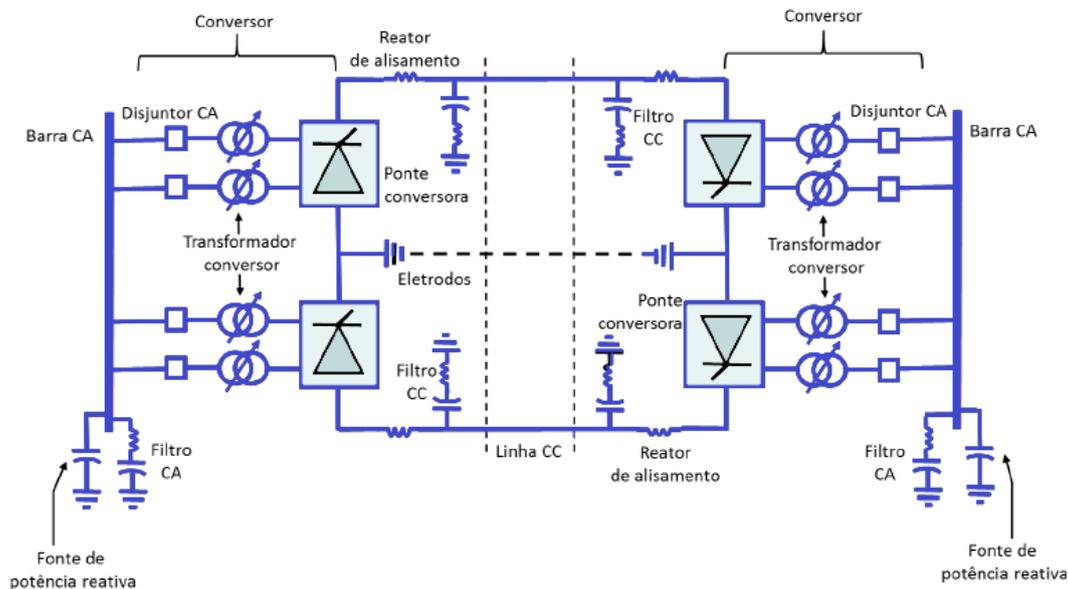


Fig. 24.2: Principais componentes de sistemas CCAT

#### Conversores

Realizam a conversão CA/CC (retificador) e CC/CA (inversor) e consistem de pontes de tiristores, usualmente conectados numa configuração de seis ou doze pulsos, e transformadores com tapas variáveis. O conversor mais utilizado em sistemas CCAT é o Conversor Comutado pela Linha, conhecido como LCC (Line Commutated Converter). Esse tipo de conversor utiliza tiristores, sendo dependente da rede na qual se conecta, pois necessita da presença de tensão nos terminais CA para viabilizar a comutação entre as válvulas.

#### Reator de Alisamento

São responsáveis por limitar a corrente na linha CC durante defeitos, prevenir a falha de comutação, evitar discontinuidades de correntes no sistema CC e atenuar tensões e correntes harmônicas.

#### Filtros Harmônicos

São inseridos nos lados CC e CA do sistema CCAT para evitar que as correntes harmônicas geradas nos conversores se propague pelo sistema CA, além de fornecerem parte da potência reativa necessária para a operação dos conversores.

Os filtros CA são circuitos RLC conectados nos terminais CA dos conversores que têm a finalidade de impedir que os componentes harmônicos produzidos pelos conversores sejam injetados no sistema CA, evitando a violação dos limites de distorção harmônica e outros indicadores de qualidade de energia. Tais filtros são sintonizados em frequências compatíveis aos harmônicos característicos dos conversores aos quais estão associados. Como esses equipamentos possuem natureza capacitiva na frequência fundamental, também são utilizados para suprir parte da potência reativa necessária para a operação dos conversores.

Os filtros CC são circuitos RLC conectados nos terminais CC dos conversores e, assim como os filtros CA, possuem a finalidade de impedir que os harmônicos presentes nestes terminais causem interferência nos sistemas de telecomunicações próximos ao sistema de transmissão CCAT.

#### Fontes de Potência Reativa (Elo CCAT)

Em regime permanente, a potência reativa consumida pelo elo é por volta de 50% da potência ativa transferida. Sob condições transitórias, o consumo de potência reativa pode ser bem maior. Portanto, fontes de potência reativa devem ser conectadas às barras CA das conversoras, podendo ser provenientes de compensadores síncronos ou SVC's (Static Var Compensators).

#### Eletrodos

Fornecem um caminho de baixa impedância pela terra para minimizar densidades de corrente e gradientes

de tensão superficial quando o elo utiliza a terra como retorno.

### Linhas de Transmissão CC

Podem ser aéreas, subterrâneas e submarinas e, usualmente, requerem menos espaço e condutores do que as linhas CA para conduzir a mesma potência.

### Disjuntores CA (Elo CCAT)

Responsáveis por isolar defeitos no transformador e retirar o elo CC de serviço.

## 24.1.2 Topologias de Elos CCAT

Os elos CCAT são amplamente classificados nas seguintes categorias:

### Elo CCAT (Monopolar)

A configuração básica do elo monopolar é ilustrada na figura abaixo. Nessa configuração, adota-se um único condutor, usualmente de polaridade negativa. O caminho de retorno é dado pela terra. Este tipo de configuração pode ser adotada como primeiro estágio de desenvolvimento de um sistema bipolar.

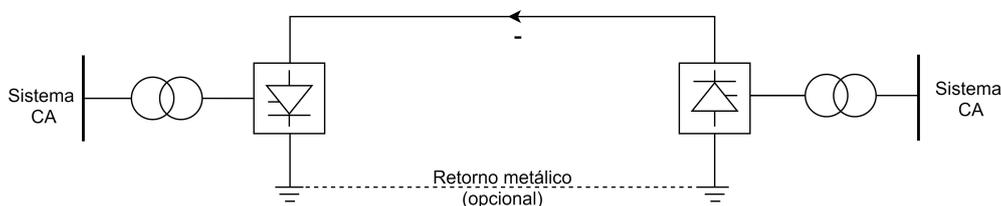


Fig. 24.3: Elo CCAT Monopolar

Ao invés de utilizar o retorno pela terra, um retorno metálico pode ser adotado em situações onde a resistividade do solo é elevada ou quando há riscos de interferência com estruturas metálicas subterrâneas.

### Elo CCAT (Bipolar)

A figura a seguir ilustra a configuração de elo bipolar. Esta configuração emprega dois condutores, um com polaridade positiva e outro negativo. Cada terminal possui dois conversores conectados em série no lado CC. As junções entre os conversores é aterrada.

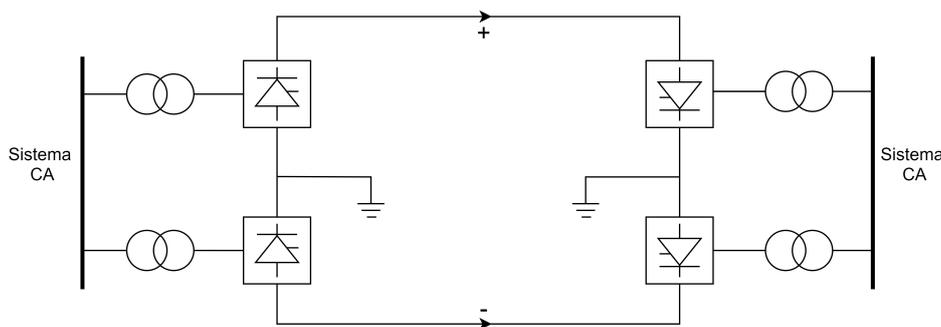


Fig. 24.4: Elo CCAT Bipolar

Em condições balanceadas, as correntes nos dois polos são idênticas e, portanto, não há circulação de corrente pela terra. No entanto, os dois polos podem operar independentemente. Se um polo precisar ser isolado devido a falhas no respectivo condutor, o outro polo pode operar com retorno pela terra e conduzir, adicionalmente, metade da potência nominal do polo removido, usando a capacidade de sobrecarga do conversor e da linha CC remanescente.

### Elo CCAT (Homopolar)

O elo CCAT homopolar, cuja configuração é ilustrada na figura abaixo, possui dois ou mais condutores, todos de mesma polaridade. Usualmente, a polaridade negativa é preferida por causar menor radiointerferência devido ao corona. O caminho de retorno desses sistemas é dado pela terra.

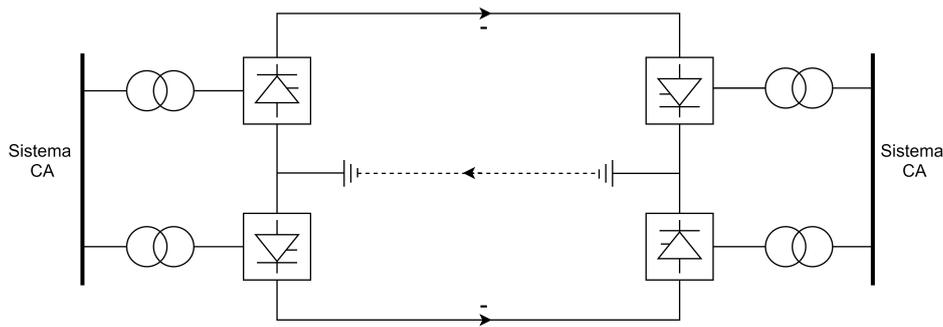


Fig. 24.5: Elo CCAT Homopolar

Quando há falha em um condutor, todos os conversores ficam disponíveis para suprir aos condutores remanescentes, os quais possuirão certa capacidade de sobrecarga.

Cada uma das configurações de elos CCAT apresentadas consistem de uma série de conversores em cascata, cada um acoplado a um banco de transformador e a um grupo de válvulas. Os conversores são conectados em paralelo no lado CA (transformador) e em série no lado CC (válvulas) para providenciar o nível de tensão desejado do polo em relação a terra.

A maioria dos elos CCAT ponto a ponto (dois terminais) são bipolares, com operação monopolar com retorno pela terra usada somente durante contingências. Cada polo é normalmente projetado para operar independentemente com o objetivo de evitar falhas bipolares.

### 24.1.3 Controle do Sistema CCAT

O sistema de controle de um sistema CCAT tem como principais desafios:

- Limitar grandes variações de corrente devido a distúrbios na rede CA;
- Proteger as válvulas e demais equipamentos pela limitação da corrente máxima;
- Manter a tensão CC próxima a nominal;
- Manter o fator de potência nos terminais do elo o mais alto possível;
- Prevenir-se contra a falha de comutação na estação inversora.

Em operação normal, o controle de corrente é feito pela ponte retificadora e o controle do ângulo de extinção ( $\gamma$ ) é feito pela ponte inversora. Os ângulos de disparo da ponte retificadora e de extinção da ponte inversora são mantidos em valores mínimos para obter amplitudes maiores de tensão CC e, por conseguinte, menor consumo de potência reativa.

Para a prevenção da falha de comutação na estação inversora, este conversor, em modo normal de operação é responsável por controlar o ângulo de extinção ( $\gamma$ ) (**CEA** – *Constant Extinction Angle*), enquanto a estação retificadora realiza o controle da corrente (**CCCr** – *Rectifier Constant Current Control*), ajustada em um valor que é denominado ordem de corrente ( $I_{do}$ ).

A figura abaixo ilustra estes dois modos de controle graficamente.

O controle CCCr é de ação rápida, atuando no ângulo de disparo da estação retificadora ( $\alpha$ ). Na estação retificadora ainda há o controle através dos tapes do transformador conversor, que atua na tensão CA, no sentido de manter o ângulo de disparo ( $\alpha$ ) numa faixa de operação aceitável. O controle por tapes também está presente na estação inversora, mas nesta, ele atua na tensão CA com o objetivo de manter a tensão CC próxima da nominal. Os controles por tapes são lentos (ordem de 6 a 10 segundos) em comparação com os controles de corrente e de ângulo de extinção (ordem de alguns milissegundos).

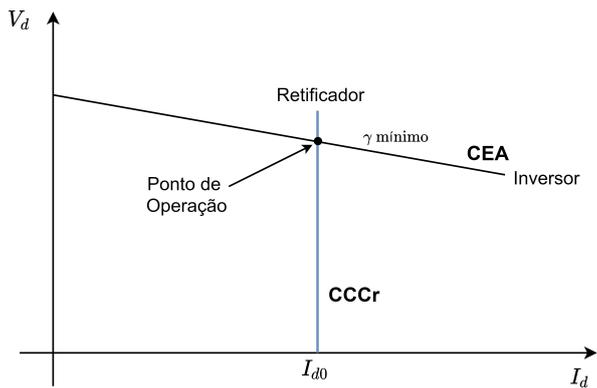


Fig. 24.6: Controle do elo CCAT em operação normal

## 24.2 Modelos de Conversores CA-CC

### 24.2.1 Modelos Predefinidos de Conversor LCC

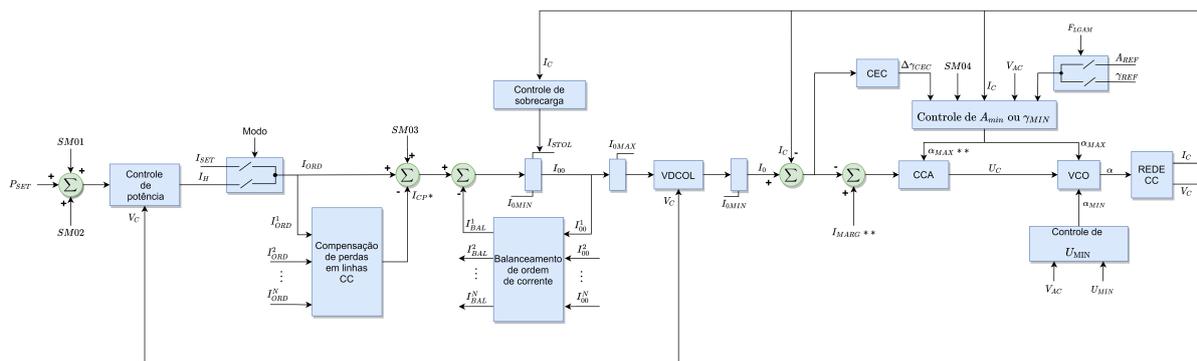
#### Diagramas de Sistemas de Controle de Elo CC

- Diagramas do Modelo 01 de Controle de Conversor CA-CC
- Diagramas do Modelo 03 de Controle de Conversor CA-CC

A terminologia técnica adotada nos diagramas dos Sistemas de Controle de Elo CC é detalhada na seção *Terminologia Técnica dos Modelos Predefinidos de Conversor LCC*.

#### Diagramas do Modelo 01 de Controle de Inversor CA-CC

(\*) Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura



(\*) Sinal injetado somente no conversor de folga  
 (\*\*) Sinal injetado somente no inversor em controle de tensão

Diagrama de Blocos do CCA, VCO, CEC e Controle de  $U_{min}$  e  $A_{min}/\gamma_{min}$

(\*) Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura

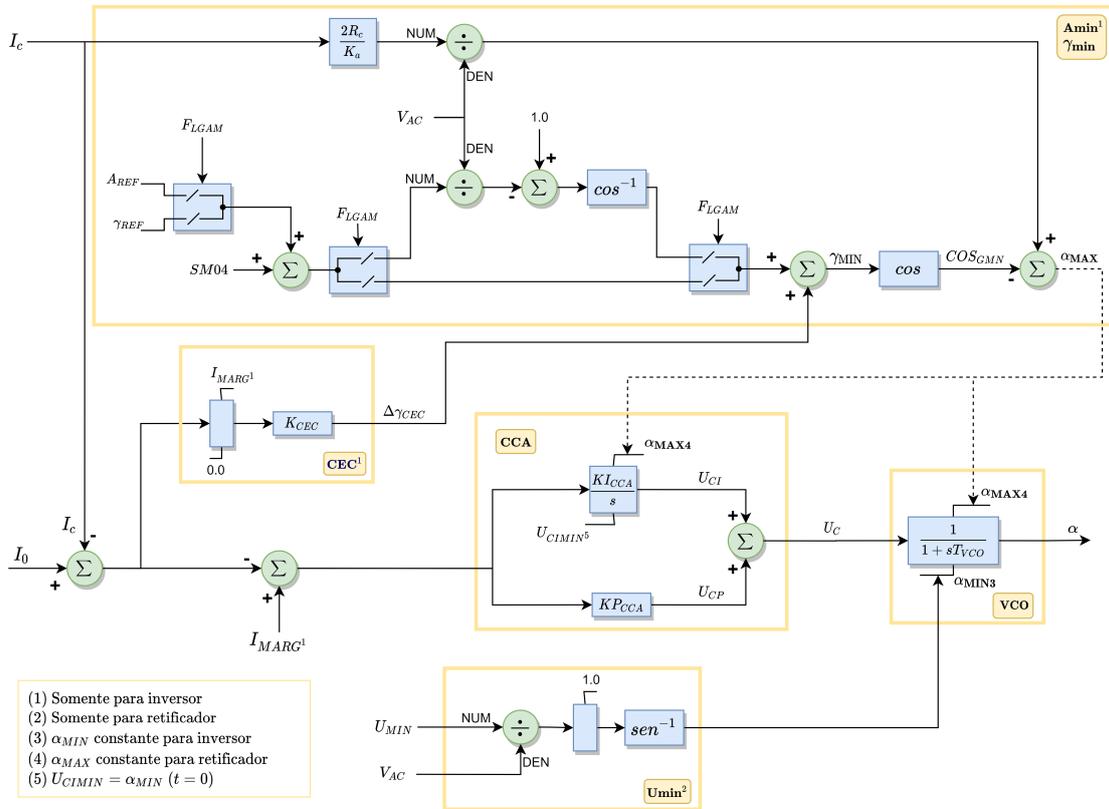


Diagrama de Blocos do VDCOL (Voltage Dependent Current Order Limiter)

(\*) Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura

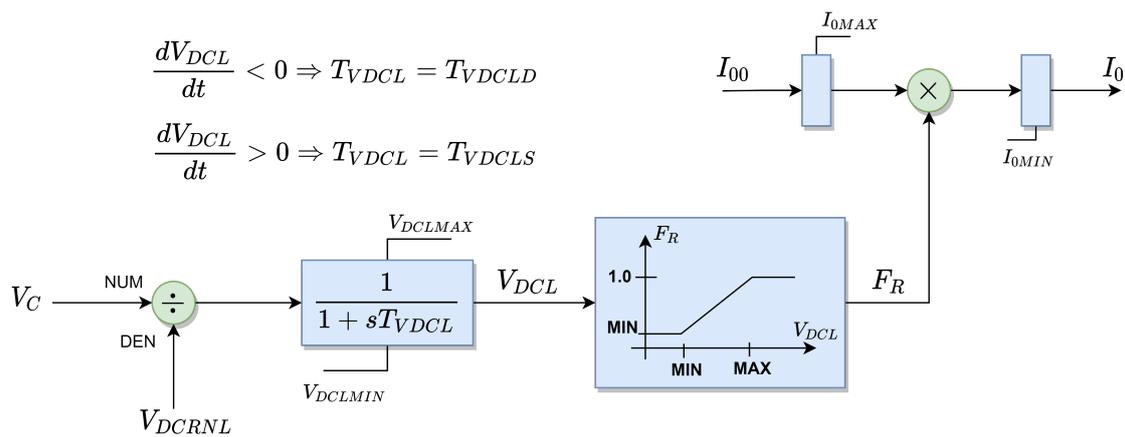


Diagrama de Blocos do Controle de Potência (“master control”)

(\*) Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura

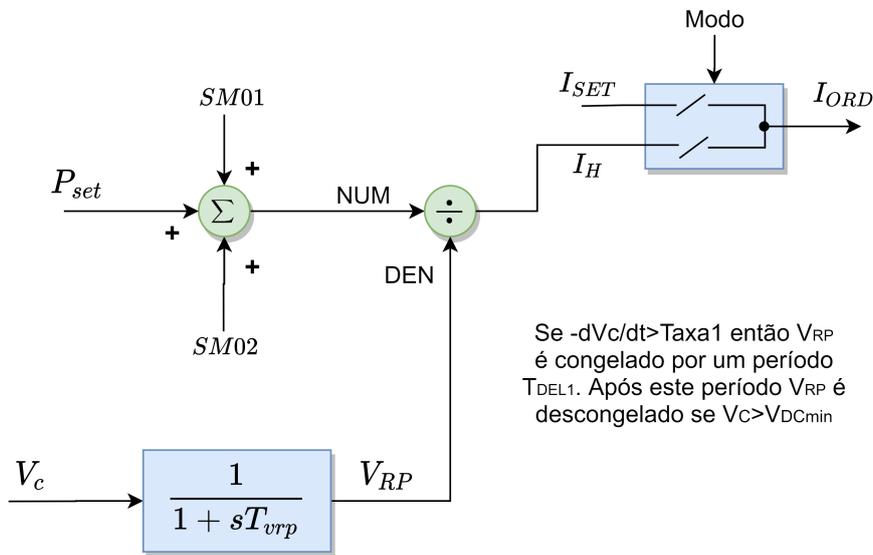
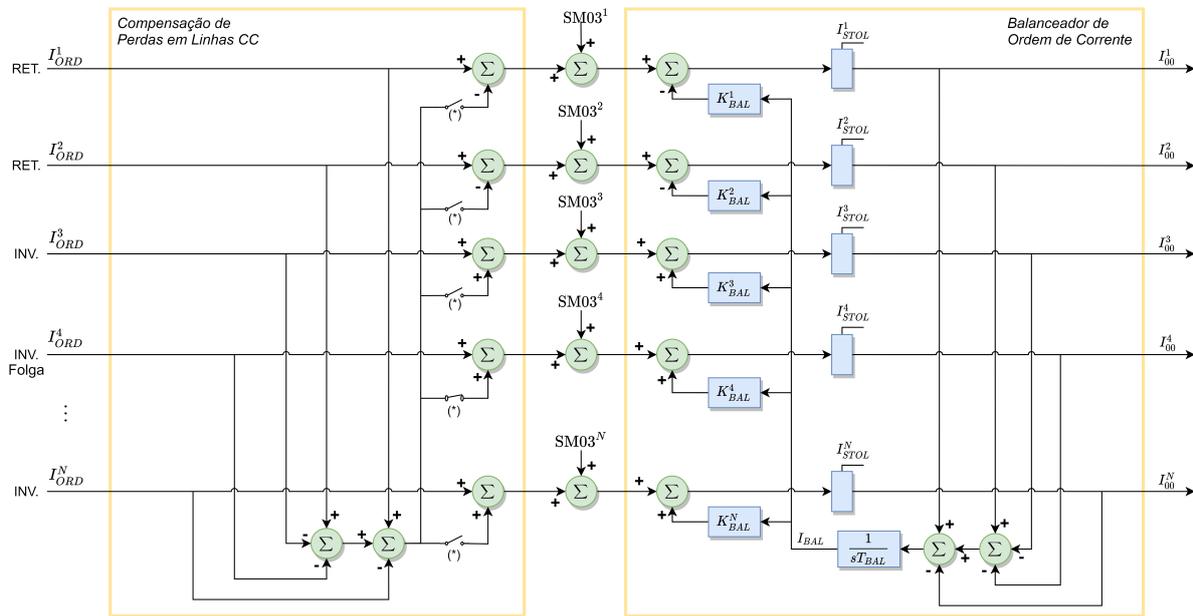


Diagrama de Blocos do Controle de Elo CC

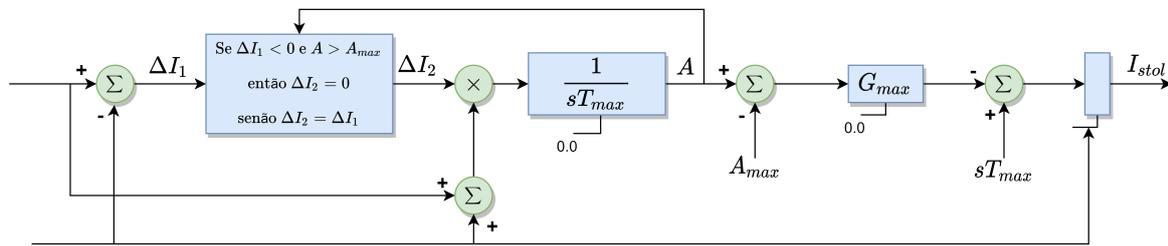
(\*) Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura



(\*) A Corrente de compensação de perdas só é adicionada na ordem do conversor de folga do polo

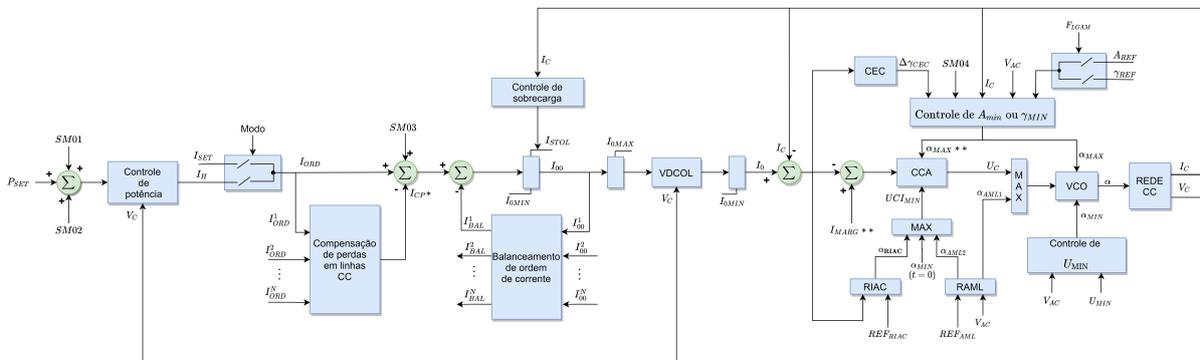
### Diagrama de Blocos do Controle de Sobrecarga de Corrente

(\* Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura



### Diagramas do Modelo 03 de Controle de Conversor CA-CC

(\* Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura



(\*) Sinal injetado somente no conversor de folga  
 (\*\*) Sinal injetado somente no inversor em controle de tensão

### Diagrama de Blocos do CCA, VCO, CEC e Controle de $U_{min}$ e $A_{min}/\gamma_{min}$

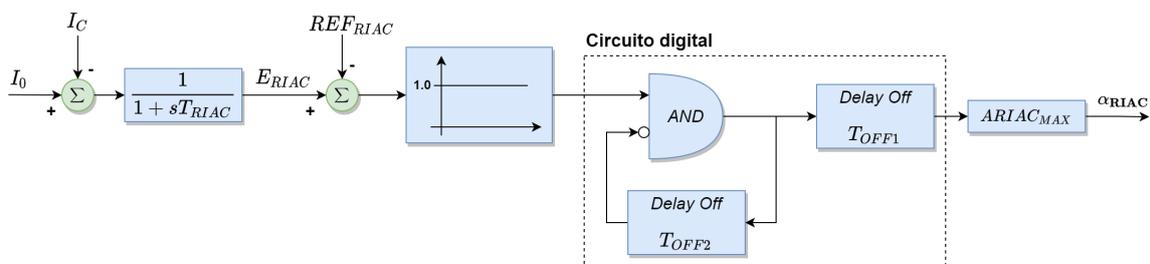
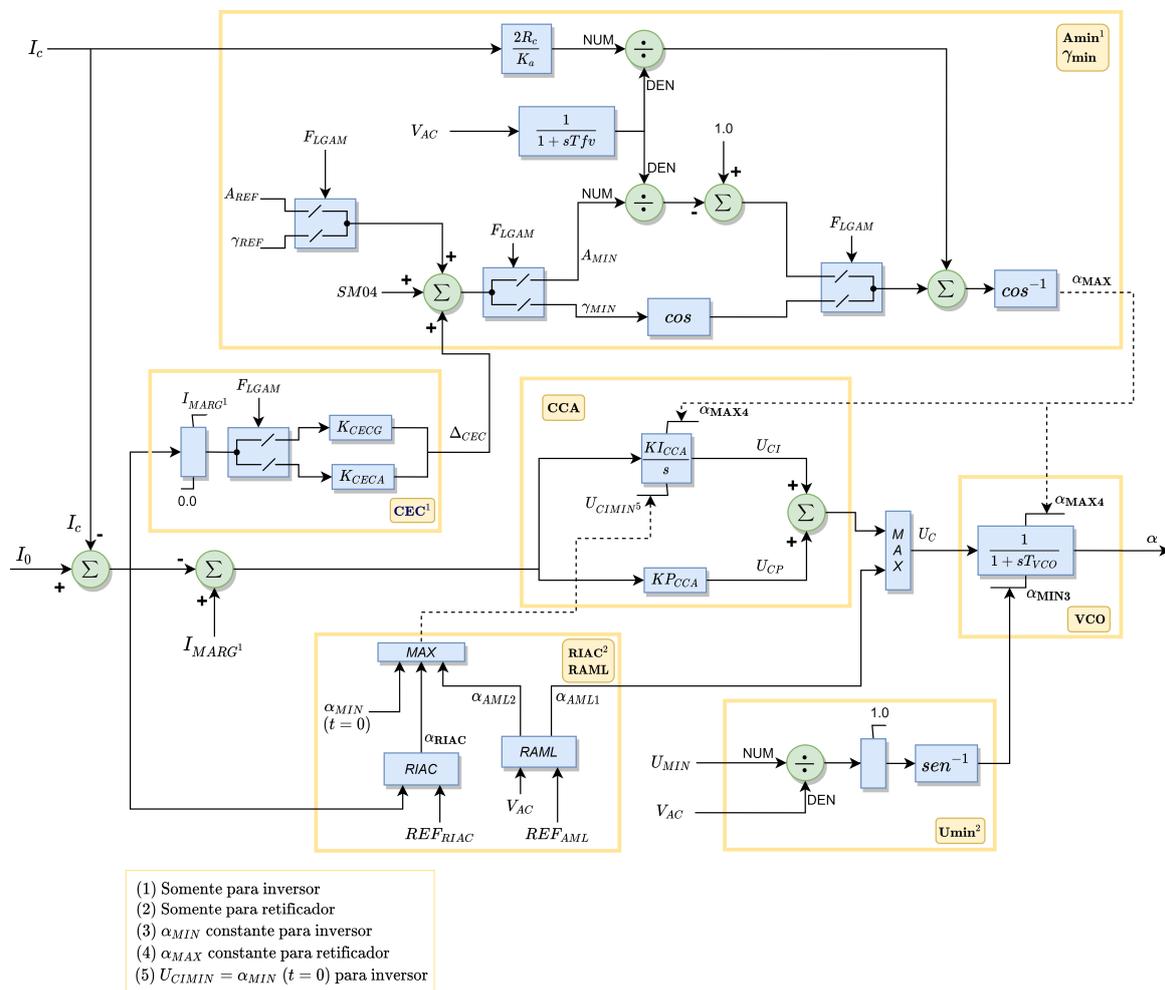
(\* Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura

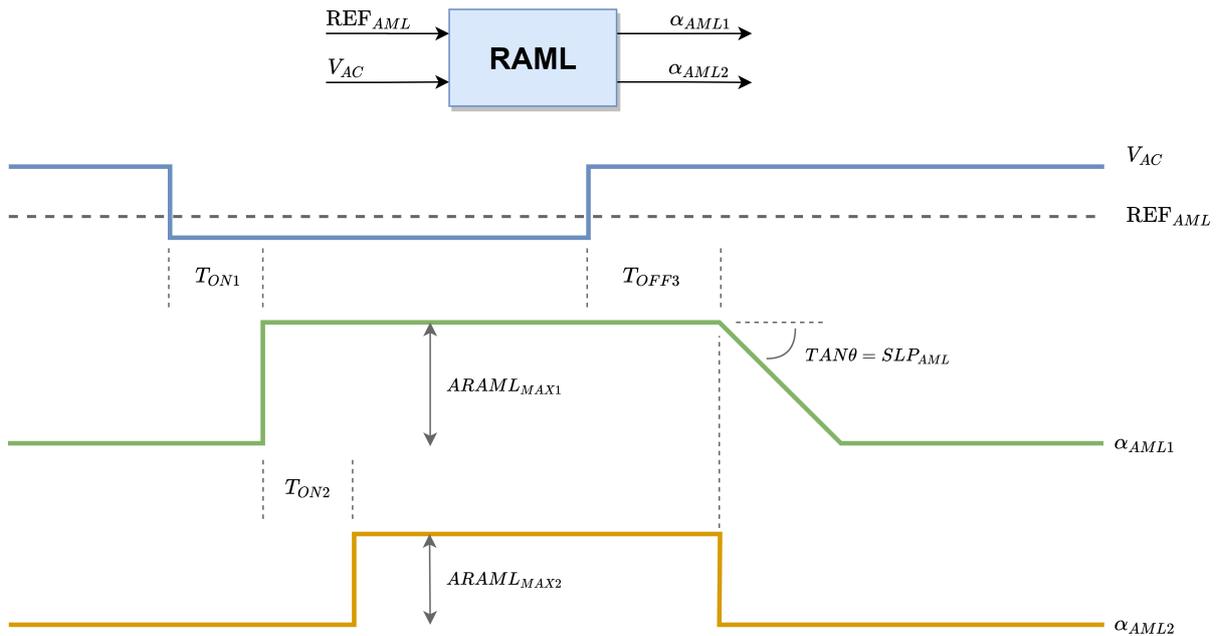
### Diagrama de Blocos do RIAC (Rectifier Integrator Alpha Clamp)

(\* Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura

### Descrição do Comportamento do Bloco RAML (Rectifier Alpha Minimum Limiter)

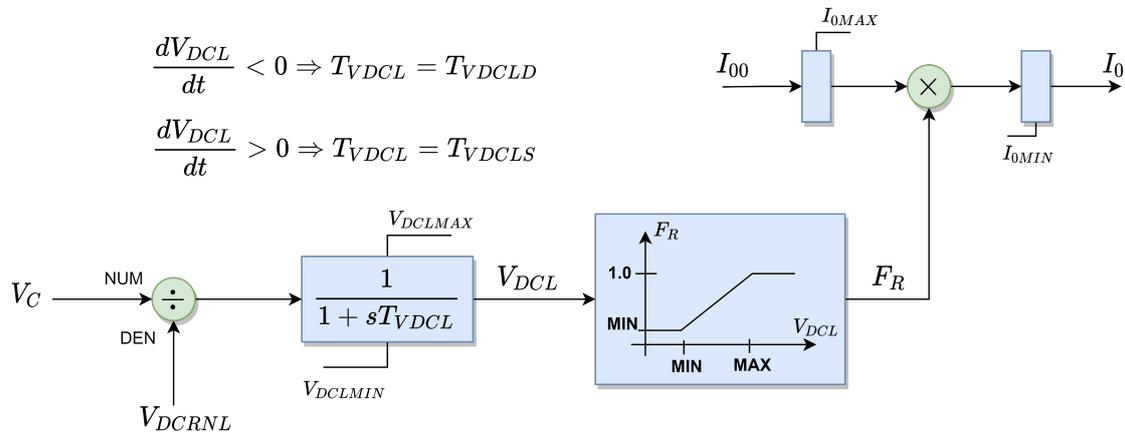
(\* Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura



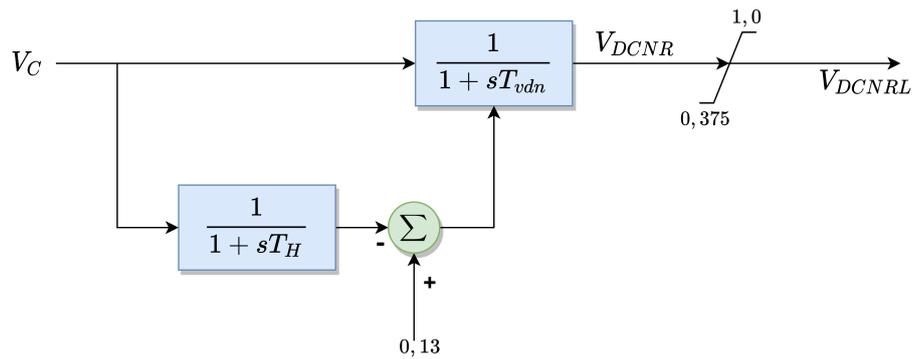


**Diagrama de Blocos do VDCOL (Voltage Dependent Current Order Limiter)**

(\*) Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura



O circuito abaixo mostra o cálculo do sinal VDCRNL a ser usado na normalização do VDCOL (para o modelo 1 é usado um valor constante igual ao valor inicial da tensão do conversor  $V_c$ ). O bloco com constante  $T_H$  gera um sinal que quando for menor que 0,13 sinaliza o congelamento do bloco com constante  $T_{vdn}$ . A constante  $T_H$  possui um valor de 0,004 s quando  $V_c$  for decrescente e 0,114 quando  $V_c$  for crescente.

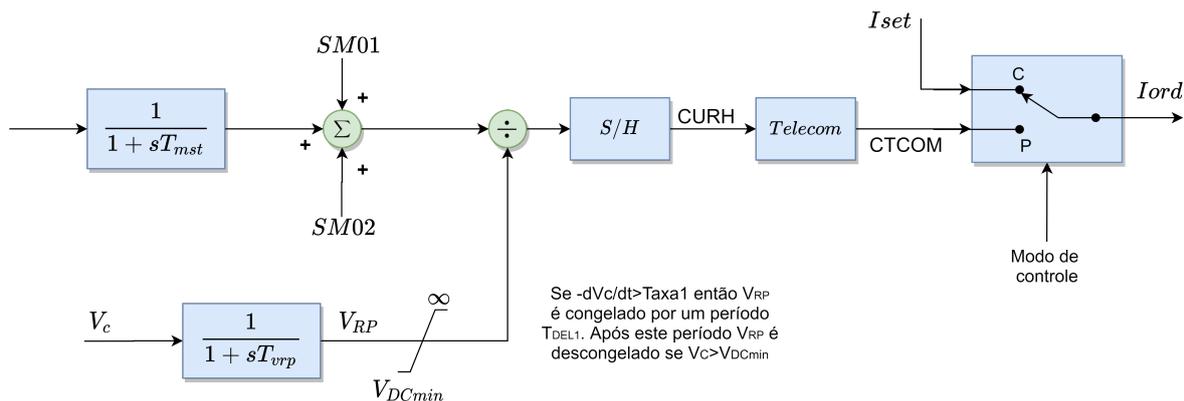


**Diagrama de Blocos do Controle de Potência (“master control”)**

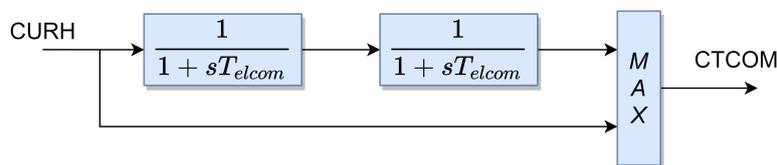
Em relação ao modelo 1 foram acrescentados o limite  $V_{DCmin}$ , o filtro com constante de tempo  $T_{mst}$  na ordem de potência  $P_{set}$ , a temporização do ciclo de cálculo do controle de potência (S/H) e o atraso de telecomunicação. O valor CURH é atualizado a cada THOLDM segundos.

O atraso de telecomunicação é diferente para os terminais retificador e inversor, pois no caso de diminuição da ordem esta só deve ser enviada ao retificador depois de confirmado o recebimento pelo terminal inversor.

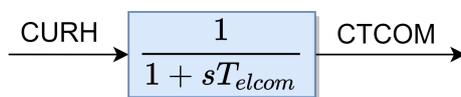
- Controle de potência - Diagrama principal:



- Atraso de telecomunicação para retificador:

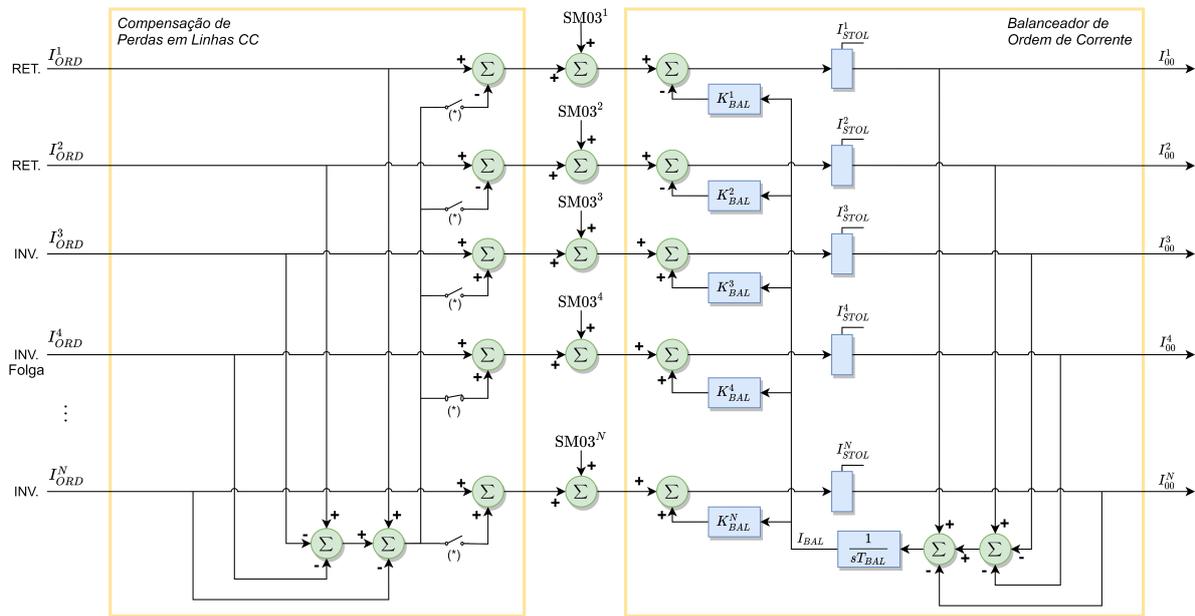


- Atraso de telecomunicação para inversor:



### Diagrama de Blocos do Controle de Elo CC

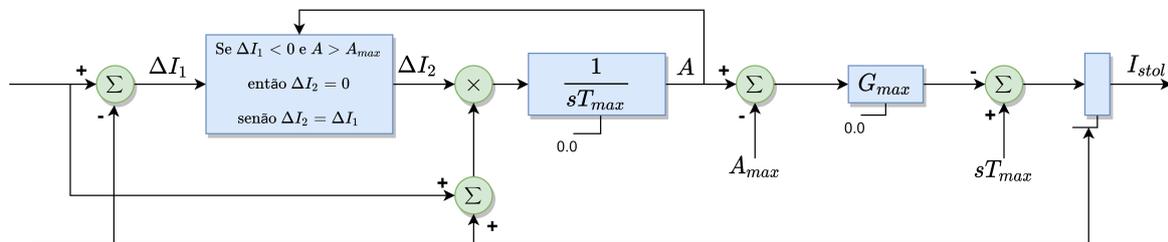
(\*) Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura



(\*) A Corrente de compensação de perdas só é adicionada na ordem do conversor de folga do polo

### Diagrama de Blocos do Controle de Sobrecarga de Corrente

(\*) Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura



### Terminologia Técnica dos Modelos Predefinidos de Conversor LCC

Símbolo	Descrição
$CEC$	Varição de $\gamma_{min}$ ou de área mínima de comutação, calculada pelo CEC.
$\Delta\gamma_{cec}$	Varição de $\gamma_{min}$ calculada pelo CEC (modelo 1).
$\alpha$	Ângulo de disparo ordenado para as válvulas dos conversores.
$\alpha_{aml1}$	Sinal calculado pelo RAML que atua na entrada do VCO do retificador.
$\alpha_{aml2}$	Sinal calculado pelo RAML que atua no limite mínimo do canal integral do CCA do retificador.
$\alpha_{min}$	Ângulo mínimo de disparo.
$\alpha_{min}(t = 0)$	Ângulo mínimo de disparo no instante inicial da simulação.
$\alpha_{max}$	Ângulo máximo de disparo.
$\alpha_{riac}$	Sinal do RIAC que atua no limite mínimo do canal integral do CCA do retificador.
$\gamma_{min}$	Ângulo mínimo de extinção para as válvulas do conversor.
$\gamma_{ref}$	Valor de referência para o ângulo mínimo de extinção.
$a$	Relação de transformação dos transformadores conversores ( $V_{sec}/V_{prim}$ ).

continua na próxima página

Tabela 24.1 – continuação da página anterior

Símbolo	Descrição
$A_{min}$	Controle por área mínima (integral da tensão de comutação).
$A_{ref}$	Valor de referência para a integral da tensão de polarização da válvula após extinção (controle de $A_{min}$ ).
$CCA$	Amplificador para controle de corrente (“ <i>Current Control Amplifier</i> ”).
$CEC$	Controle de erro de corrente (“ <i>Current Error Control</i> ”).
$CN_{pu}$	Corrente nominal do conversor em pu.
$Eriac$	Sinal de erro de corrente filtrado, no RIAC.
$F_{LGAM}$	Indica se o controle do CEC é por $\gamma$ mínimo ou por área mínima de comutação (inversor).
$F_R$	Fator de redução de ordem de corrente, calculado pelo VDCOL.
$I_0$	Ordem de corrente após VDCOL.
$I_{00}$	Ordem de corrente após balanceamento.
$I_{0max}$	$0.01 \times I_{0MAX} \times CN_{pu}$
$I_{0min}$	$0.01 \times I_{0MIN} \times CN_{pu}$
$I_{bal}$	Sinal para balanceamento de ordens de corrente.
$I_c$	Corrente no conversor.
$I_{cp}$	Sinal para compensação de perdas (somente no conversor de folga).
$I_h$	Ordem de corrente determinada pelo controle de potência.
$I_{marg}$	$0.01 \times I_{MARG} \times CN_{pu}$
$I_{set}$	Ordem de corrente especificada.
$I_{stol}$	Limite de corrente máxima calculado pelo controle de sobrecarga de corrente.
$K$	Constante do conversor = $\frac{3\sqrt{2}}{\pi} \cdot np \cdot \frac{V_{baseCAsec.}}{V_{baseCC}}$
$Modc$	Seleciona modo de controle (corrente constante ou potência constante).
$np$	Número de pontes de 6 pulsos no conversor.
$P_{set}$	Ordem especificada de potência.
$RAML$	“ <i>Rectifier Alpha Minimum Limiter</i> ”.
$R_c$	Resistência de comutação total da ponte conversora, em pu.
$REF_{aml}$	$0.01 \times REFAML \times Vac (t=0)$
$REF_{riac}$	$0.01 \times REFRIAC \times CN_{pu}$
$RIAC$	“ <i>Rectifier Integrator Alpha Clamp</i> ”.
$SM01$	Sinal 1 de modulação (potência).
$SM02$	Sinal 2 de modulação (potência).
$SM03$	Sinal 3 de modulação (corrente).
$SM04$	Sinal 4 de modulação ( $\gamma$ mínimo ou área mínima).
$ST_{max}$	$(1 + 0.01 \times ST_{MAX}) \times CN_{pu}$
$T_{vdel}$	Constante de tempo do VDCOL.
$U_c$	Sinal de saída do CCA.
$U_{ci}$	Sinal total de saída do canal integral do CCA.
$U_{cimin}$	Valor mínimo para o sinal do canal integral do CCA.
$U_{cp}$	Sinal de saída do canal proporcional do CCA.
$U_{min}$	Tensão mínima de polarização para disparo das válvulas do conversor (referida ao primário).
$V_{ac}$	Tensão na barra CA do primário do transformador do conversor.
$V_{ac}(t=0)$	Tensão na barra CA do primário do transformador do conversor no instante inicial da simulação.
$V_c$	Tensão de saída do conversor.
$V_c(t=0)$	Tensão de saída do conversor no instante inicial da simulação.
$V_{CO}$	Oscilador controlado por tensão (“ <i>Voltage Controlled Oscillator</i> ”).
$V_{dcl}$	Tensão após o filtro do VDCOL.
$VDCOL$	Limitador de ordem de corrente controlado por tensão (“ <i>Voltage dependent current order limiter</i> ”).
$Y_{alim}$	$(1 + 0.01 \times Y_{ALIM}) \times CN_{pu}$

A definição de modelo *built-in* de conversor LCC consiste na representação de um retificador e inversor por meio do modelo 1 ou 3 (detalhados a seguir), utilizando o código código *DMCV*. Os modelos definidos no *DMCV* devem ser associados posteriormente ao retificador e ao inversor por meio do código *DCNV*.

As opções *MD01* ou *MD03* são utilizadas para ativação da leitura de dados dos respectivos tipos de modelo de conversor. Somente uma destas opções pode ser ativada em cada execução do código *DMCV*.

O preenchimento dos campos para definição dos modelos *built-in* de conversor é detalhado a seguir:

### DMCV MD01

Os diagramas de blocos do Modelo 01 são detalhados na seção *Diagramas do Modelo 01 de Controle de Conversor CA-CC*.

A régua definição do modelo 01 exige o preenchimento dos seguintes parâmetros:

Primeira Régua:

<b>Nm</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor.
<b>Vmn</b>	Tensão mínima no conversor, em pu, para liberação da medição do sinal $V_{rp}$ decorridos $T_{del1}$ segundos após o congelamento deste sinal.
<b>Tvp</b>	Constante de tempo do bloco de medição para a obtenção do sinal $V_{rp}$ a partir da tensão CC de saída do conversor, em segundos.
<b>Tx1</b>	Taxa de redução da tensão no conversor, em pu de tensão/segundo, acima da qual o controle interpretará que houve uma falta no sistema CA e congelará o sinal de tensão $V_{rp}$ usado para calcular a ordem de corrente em modo de controle de potência.
<b>Td1</b>	Período de tempo mínimo durante o qual o sinal $V_{rp}$ ficará congelado, em segundos. O descongelamento depende do limite $V_{dc_{min}}$ .
<b>Yal</b>	Acréscimo de corrente do conversor que provocará aquecimento nas válvulas e equipamentos. Este valor deve ser dado como porcentagem da corrente nominal do conversor.
<b>Tmx</b>	Constante de tempo do integrador do controle do limite de sobrecarga de longa duração, em segundos.
<b>Amx</b>	Aquecimento máximo admissível nos equipamentos, em $(pudecorrenteCC)^2 \times$ segundo.
<b>Gmx</b>	Ganho do limitador do controle de sobrecarga de longa duração, em $1/(pu \text{ de corrente } CC \text{ times segundo})$ . Se for deixado em branco o controle de sobrecarga é ignorado (variáveis $YALIM$ , $T_{max}$ e $A_{max}$ sem efeito) e o limite de sobrecarga, fica constante e igual a $ST_{max}$ .
<b>Stx</b>	Acréscimo máximo de corrente de curta duração. Este valor deve ser dado como % da corrente nominal do conversor.
<b>F</b>	Entre com a letra G se o inversor em controle de tensão for controlado por gama mínimo ou com a letra A ou branco se o controle for por área mínima de comutação. Para retificador este campo é ignorado.

Segunda Régua:

<b>Nm</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor definido no primeiro registro.
<b>Tvd</b>	Constante de tempo de descida do $VDCOL$ (“Voltage Dependent Current Order Limiter”), em segundos.
<b>Tvs</b>	Constante de tempo de subida do $VDCOL$ , em segundos.
<b>Vdn</b>	Tensão entre os terminais do conversor abaixo da qual a ordem de corrente do conversor não sofre mais redução pelo $VDCOL$ , em %.
<b>Vdx</b>	Tensão entre os terminais do conversor abaixo da qual a ordem de corrente do conversor começa a sofrer redução pelo $VDCOL$ , em %.
<b>Frn</b>	Fator de redução da ordem de corrente do conversor para tensões entre os terminais do conversor abaixo de $V_{dcl_{min}}$ (adimensional), em %.
<b>Imn</b>	Valor mínimo da ordem de corrente do conversor, em % da corrente nominal.
<b>Imx</b>	Valor máximo da ordem de corrente do conversor, em % da corrente nominal.
<b>Img</b>	Margem de corrente do conversor, em % da corrente nominal.
<b>Ki</b>	Ganho integral do controlador de corrente, em graus/(pu de corrente CC $\times$ segundo).
<b>Kp</b>	Ganho proporcional do controlador de corrente, em graus/(pu de corrente CC).
<b>To</b>	Constante de tempo do bloco correspondente ao $VCO$ (“Voltage Controlled Oscillator”) realimentado, em segundos.
<b>Kcg</b>	Ganho do $CEC$ (“Current Error Control”), em graus/(pu de corrente CC).

### DMCV MD03

Os diagramas de blocos do Modelo 03 são detalhados na seção *Diagramas do Modelo 03 de Controle de Conversor CA-CC*.

A régua definição do modelo 03 exige o preenchimento dos seguintes parâmetros:

Primeira Régua:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor.
<b>Vmn</b>	Tensão mínima no conversor, em pu, para liberação da medição do sinal $V_{rp}$ decorridos $T_{del1}$ segundos após o congelamento deste sinal.
<b>Tvp</b>	Constante de tempo do bloco de medição para a obtenção do sinal $V_{rp}$ a partir da tensão CC de saída do conversor, em segundos.
<b>Tx1</b>	Taxa de redução da tensão no conversor, em pu de tensão/segundo, acima da qual o controle interpretará que houve uma falta no sistema CA e congelará o sinal de tensão $V_{rp}$ usado para calcular a ordem de corrente em modo de controle de potência.
<b>Td1</b>	Período de tempo mínimo durante o qual o sinal $V_{rp}$ ficará congelado, em segundos. O descongelamento depende do limite $V_{dc_{min}}$ .
<b>Yal</b>	Acréscimo de corrente do conversor que provocará aquecimento nas válvulas e equipamentos. Este valor deve ser dado como % da corrente nominal do conversor.
<b>Tmx</b>	Constante de tempo do integrador do controle do limite de sobrecarga de longa duração, em segundos.
<b>Amx</b>	Aquecimento máximo admissível nos equipamentos, em $(pudecorrenteCC)^2 \times$ segundo.
<b>Gmx</b>	Ganho do limitador do controle de sobrecarga de longa duração, em $1/(pu \text{ de corrente } CC \times \text{segundo})$ . Se for deixado em branco o controle de sobrecarga é ignorado (variáveis $YALIM$ , $T_{max}$ e $A_{max}$ sem efeito) e o limite de sobrecarga fica constante e igual a $ST_{max}$ .
<b>Stx</b>	Acréscimo máximo de corrente de curta duração. Este valor deve ser dado como % da corrente nominal do conversor.
<b>F</b>	Entre com a letra G se o inversor em controle de tensão for controlado por gama mínimo ou com a letra A (default) se o controle for por área mínima de comutação. Se o preenchimento deste campo for deixado em branco, será considerado o controle por área mínima de comutação. Para retificador este campo é ignorado.
<b>Tfv</b>	Constante de tempo, em segundos, para a medição da tensão CA do primário do transformador conversor, a ser usada no cálculo de $\alpha$ máximo para o inversor. Caso este campo seja deixado em branco esta constante de tempo será ignorada, ou seja, a medição de tensão será instantânea.

Segunda Régua:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor definido no primeiro registro.
<b>Tvd</b>	Constante de tempo de descida do $VDCOL$ ("Voltage Dependent Current Order Limiter"), em segundos.
<b>Tvs</b>	Constante de tempo de subida do $VDCOL$ , em segundos.
<b>Vdn</b>	Tensão entre os terminais do conversor abaixo da qual a ordem de corrente do conversor não sofre mais redução pelo $VDCOL$ , em %.
<b>Vdx</b>	Tensão entre os terminais do conversor abaixo da qual a ordem de corrente do conversor começa a sofrer redução pelo $VDCOL$ , em %.
<b>Frn</b>	Fator de redução da ordem de corrente do conversor para tensões entre os terminais do conversor abaixo de $V_{dcl_{min}}$ (adimensional), em %.
<b>Imn</b>	Valor mínimo da ordem de corrente do conversor, em % da corrente nominal.
<b>Imx</b>	Valor máximo da ordem de corrente do conversor, em % da corrente nominal.
<b>Img</b>	Margem de corrente do conversor, em % da corrente nominal.
<b>Ki</b>	Ganho integral do controlador de corrente, em graus/(pu de corrente CC $\times$ segundo).
<b>Kp</b>	Ganho proporcional do controlador de corrente, em graus/(pu de corrente CC).
<b>To</b>	Constante de tempo do bloco correspondente ao $VCO$ ("Voltage Controlled Oscillator") realimentado, em segundos.
<b>Kcg</b>	Ganho do $CEC$ ("Current Error Control") para controle de $\gamma$ : constante, em graus/(pu de corrente CC).
<b>Kca</b>	Ganho do $CEC$ ("Current Error Control") para controle de área constante, em graus $\times$ (pu de tensão CA)/(pu de corrente CC).

Terceira Régua:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor definido no primeiro registro.
<b>Tri</b>	Constante de tempo do bloco de filtragem do sinal de erro para <i>RIAC</i> , em segundos.
<b>Lri</b>	Valor de referência do erro filtrado de corrente acima do qual há atuação do <i>RIAC</i> , em % da corrente nominal do conversor.
<b>Tof1</b>	Tempo durante o qual o sinal de saída do <i>RIAC</i> será mantido no valor $ARIAC_{max}$ após violação do limite <i>REFRIAC</i> em segundos.
<b>Tof2</b>	Tempo durante o qual o <i>RIAC</i> fica bloqueado para novas atuações, em segundos.
<b>Ari</b>	Valor de $\alpha$ mínimo ordenado pelo <i>RIAC</i> quando em atuação.
<b>Laml</b>	Valor de tensão CA no barramento do conversor abaixo do qual o <i>RAML</i> começa seu ciclo de atuação, em % do valor da tensão CA em $t = 0$ .
<b>Ton1</b>	Período durante o qual a tensão CA deve ficar abaixo do limite <i>REFAML</i> para que o sinal $\alpha_{aml1}$ vá para o valor $ARAML1_{max}$ , em segundos.
<b>Ton2</b>	Atraso adicional para que o sinal $\alpha_{aml2}$ vá para o valor $ARAML2_{max}$ , em segundos.
<b>Tof3</b>	Período durante o qual a tensão CA deve se manter acima do limite <i>REFAML</i> para que o <i>RAML</i> inicie processo de desligamento, em segundos.
<b>Saml</b>	Inclinação para redução do sinal $\alpha_{aml1}$ até 0 deg, em graus/milissegundos.
<b>Aml1</b>	Valor de $\alpha$ mínimo ordenado para o sinal $\alpha_{aml1}$ pelo <i>RAML</i> quando em atuação, em graus.
<b>Aml2</b>	Valor de $\alpha$ mínimo ordenado para o sinal $\alpha_{aml2}$ pelo <i>RAML</i> quando em atuação, em graus.
<b>Tcf</b>	Constante de tempo da proteção de falha de comutação, em segundos. Se igual a 0 a proteção de falha de comutação não é ativada.

Quarta Régua:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor definido no primeiro registro.
<b>VDmn</b>	Nível mínimo da tensão que divide a ordem de potência, em pu.
<b>Thdm</b>	Tempo do ciclo de cálculo da ordem de potência, em segundos.
<b>Tvdn</b>	Constante de tempo da normalização do <i>VDCOL</i> , em segundos.
<b>Telec</b>	Constante de tempo do filtro que simula o atraso de telecomunicação, em segundos.
<b>L</b>	Indica se o limitador de derivada de $\alpha$ está ativado (S) ou não (N). Se for deixado em branco, será considerado o valor N.

ote:: A corrente nominal do conversor citada nos campos *YALIM*, *IOMIN*, *IOMAX* e *IMARG* é fornecida no *Anarede*.

O conversor (retificador ou inversor) conecta a barra CA de interface à linha CC e ao eletrodo de terra. Os controles do elo CC atuam no conversor. O elemento conversor engloba o transformador e as válvulas de disparo.

**Nota:** A corrente de conversor é sempre positiva e a tensão de saída de conversor é, por convenção, positiva para retificador e negativa para inversor, correspondendo à diferença entre as tensões dos terminais catodo e anodo, respectivamente.

**Dica:** Para mais detalhes sobre os modelos *built-in* de conversor LCC disponíveis no programa *Anatem*, consulte a seção *Diagramas de Sistemas de Controle de Elo CC*.

O modelo de elo CC, em geral, está associado aos controles de polo e bipolo na transmissão de corrente contínua, na qual foram baseados os modelos predefinidos do *Anatem* e a modelagem no programa de fluxo de potência *Anarede*. Para a modelagem de cargas industriais que se constituem de conversores CA-CC (em muitos casos, apenas retificadores) não existe muitas vezes um “elo CC”, porém o *Anatem* e o *Anarede* exigem esta estrutura (torna-se necessário criar um inversor fictício). Nestes casos a modelagem é geralmente feita por *CDU* e sem a modelagem de um controle de elo CC; são modelados apenas os conversores.

**Nota:** Encontram-se disponíveis no *Anatem* dois modelos *built-in* de conversores CA-CC, detalhados na seção *Modelos Predefinidos de Conversor LCC*. A associação dos controles dos conversores definidos por *CDU* aos

respectivos modelos de conversores, definidos através do código *DMCV*, é feita através do código de execução *DCNV*.

---

## 24.3 Modelos de Elos CC

Cada polo do elo CC pode usar um modelo diferente. No entanto só deve ser fornecido modelo para os polos efetivamente existentes. Por exemplo, se o elo só possuir polo positivo, os campos de dados relativos ao polo negativo devem ser deixados em branco. O modelo de polo de elo CC pode ser predefinido ou definido pelo usuário (através de um *CDU*). O *Anatem* conta com um modelo predefinido (*built-in*) de elo CC, associado através do código *DMEL*.

A associação do modelo do elo aos respectivos dados é realizada através do código *DELO*. A associação dos controles dos conversores ao elo, por sua vez, é realizada através do código *DCNV*.

**Atenção:** Os modelos de todos os conversores do polo associados pelo código *DCNV* deverão ser do mesmo tipo, isto é, se for usado o modelo *built-in* para o polo do elo, todos os conversores deste polo deverão estar modelados por modelos *built-in*. Se forem usados modelos definidos por *CDU*, tanto os conversores quanto o polo do elo deverão ser modelados por *CDU*. No caso da utilização de modelos *CDU*, não é obrigatória a associação de modelo para o polo do elo. Já no caso de modelos predefinidos esta associação é obrigatória.

## 24.4 Associação de Elo CC a Controles

A associação de elos CC aos seus modelos é feita por meio do código *DELO*.

Cada polo do elo CC pode usar um modelo diferente. No entanto só deve ser fornecido modelo para os polos efetivamente existentes. Por exemplo, se o elo só possuir polo positivo os campos de dados relativos ao polo negativo devem ser deixados em branco.

**Atenção:** O modelo de polo de elo CC pode ser predefinido ou definido pelo usuário (*CDU*) porém os modelos de todos os conversores do polo associados pelo código *DCNV* deverão ser do mesmo tipo, isto é, se for usado o modelo predefinido para o polo do elo todos os conversores deste polo deverão estar modelados por modelos predefinidos. Se forem usados modelos *CDU* tanto conversores como o polo do elo devem ser modelados por *CDU*.

No caso da utilização de modelos *CDU* não é obrigatória a associação de modelo para o polo do elo. Já no caso de modelos predefinidos esta associação é obrigatória.

## 24.5 Eventos em Elos CC

Os seguintes eventos podem ser aplicados em elos CC (código *DEVT*):

## 24.5.1 Eventos de Falha de Comutação

### APFC

Aplicação de falha de comutação em conversores CA-CC. A falha de comutação permanece ativa enquanto não for eliminada por meio do evento de remoção de falha de comutação *RMFC*.

<b>EI</b>	Número de identificação do conversor CA-CC, conforme definido no código de execução <i>DCNV</i>
-----------	---

**Dica:** O *Anatem* permite a detecção de falhas de comutação automaticamente através do código *DFCM* a partir de um valor de tensão mínimo na barra CA do conversor ou do ângulo mínimo limite do conversor ( $\gamma$ ).

### RMFC

Remoção de falha de comutação em conversores CA-CC.

<b>EI</b>	Número de identificação do conversor CA-CC, conforme definido no código de execução <i>DCNV</i>
-----------	---

## 24.5.2 Alteração de Estado Operativo

### BELO

Bloqueio de elo CC ou de um de seus polos (desligamento).

<b>EI</b>	Número de identificação do elo CC, conforme definido no código de execução <i>DELO</i> .
-----------	--

### RMPC

Remoção de ponte conversora de 6 pulsos por “*by-pass*”.

<b>EI</b>	Número de identificação do conversor CA-CC, conforme definido no código de execução <i>DCNV</i>
-----------	---

## 24.5.3 Alteração em Sinal de Referência

### TCNV

Degrau no sinal de referência de controle do conversor.

<b>EI</b>	Número de identificação do conversor CA-CC, conforme definido no código de execução <i>DCNV</i>
<i>%</i>	Variação %, relativa ao valor em $t = 0$ , do respectivo sinal de referência
<i>ABS</i>	Variação absoluta do respectivo sinal de referência, em pu

### RCNV (Evento)

Rampa no sinal de referência de controle do conversor.

<b>EI</b>	Número de identificação do conversor CA-CC, conforme definido no código de execução <i>DCNV</i>
<i>%</i>	Taxa de variação, em %/s, relativa ao valor em $t = 0$ , do respectivo sinal de referência
<i>ABS</i>	Taxa de variação absoluta do respectivo sinal de referência, em pu/s

## 24.6 Plotagem de Elos de Corrente Contínua LCC

### 24.6.1 Plotagem de Conversor CA-CC

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos conversores CA-CC requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação do conversor CA-CC
-----------	--

Os seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos conversores CA-CC.

- **Variáveis disponíveis para os modelos 1 e 3:**

#### ALFA

Ângulo de disparo do conversor, em graus.

#### GAMA

Ângulo de extinção para as válvulas do conversor (inversor), em graus. Para conversor do tipo CCC corresponde a  $\gamma'$  (margem de comutação.) Esta variável assume o valor zero durante o intervalo de falha de comutação do inversor.

#### GAMAC

ângulo de extinção para as válvulas do conversor (inversor), em graus, calculado pela expressão  $[\gamma = 180^\circ - \alpha - \mu]$ . Esta variável é idêntica à variável do ângulo de extinção GAMA, a menos do período de falha de comutação, onde o valor calculado pelo programa poderá assumir valores negativo.

#### COMU

Ângulo de comutação para as válvulas do conversor, em graus.

#### CCNV

Corrente no conversor, em pu.

#### VCNV

Tensão de saída do conversor, em pu.

#### PCNV

Potência ativa drenada da rede CA pelo conversor, em MW.

#### QCNV

Potência reativa drenada da rede CA pelo conversor, em Mvar.

#### ALFMIN

Ângulo mínimo de disparo do conversor, em graus. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

#### ALFMAX

Ângulo máximo de disparo do conversor, em graus. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

#### AMINRF

Área mínima de referência, em pu de tensão  $\times$  radianos. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

#### I0

Ordem de corrente do conversor (após *VDCOL*), em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

#### I00

Ordem de corrente do conversor (antes do *VDCOL*), em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

#### IH

Ordem de corrente do conversor determinada pelo controle de potência, em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

#### ISTOL

Limite máximo de sobrecarga de corrente no conversor, em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**SM01**

Primeiro sinal de modulação do controle do conversor, em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**SM02**

Segundo sinal de modulação do controle do conversor, em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**SM03**

Terceiro sinal de modulação do controle do conversor, em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**SM04**

Quarto sinal de modulação do conversor. Se o conversor estiver em controle de área mínima este sinal será dado em pu. Se o conversor estiver em controle de  $\gamma$  mínimo este sinal será dado em radianos. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

---

**Nota:** Ver parâmetro *FLGAM* no código *DMCV* para a definição do modo de controle.

---

**UCI**

Sinal de saída do canal integral do CCA, em graus. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**UC**

Sinal de saída total do CCA, em graus. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**VDCOL**

Tensão do *VDCOL* do conversor, em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**VDCOLN**

Tensão para normalização do sinal do *VDCOL* do conversor, em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**SET**

Sinal de referência para o controle de corrente ou de potência no conversor (conforme o tipo de controle), em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**VRP**

Sinal de tensão para o controle de potência no conversor, em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

- **Variáveis disponíveis para o modelo 3:**

**ARAML1**

Sinal de saída do *RAML* ( $\alpha_{aml1}$ ) que atua na entrada do *VCO* do retificador. Válido apenas para o modelo prédefinido 3.

**ARAML2**

Sinal de saída do *RAML* ( $\alpha_{aml2}$ ) que atua no limite mínimo do canal integral do CCA do retificador. Válido apenas para o modelo prédefinido 3.

**ARIAC**

Sinal de saída do *RIAC* ( $\alpha_{riac}$ ) para atuação no limite mínimo do canal integral do CCA do retificador. Válido apenas para o modelo prédefinido 3.

**ERiac**

Sinal de erro de corrente filtrado para *RIAC*. Válido apenas para o modelo prédefinido 3.

## 24.6.2 Plotagem de Elos CC

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos elos CC requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação do elo CC
<b>P</b>	Polaridade do elo (“+” para polo positivo, “-” para polo negativo) associada à variável de elo CC. Este campo é usado apenas pelas variáveis com tipo <i>IBAL</i>

Os seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos elos CC:

### **IBAL**

Sinal de saída do balanceador de corrente do elo, em pu.

### **Ver também:**

Para acesso às variáveis de plotagem de barras CC e circuitos CC consulte as seções *Plotagem de Barras CC* e *Plotagem de Linhas CC*. Para maiores informações a respeito dos modelos de conversores CA-CC disponíveis no *Anatem*, consultar seção *Modelos de Conversores CA-CC*.

## 24.7 Variáveis CDU de Elos CC

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados a certos equipamentos ou por locais remotos de medição (*CONVER* no código *DLOC*):

### **CCNV**

*IMPORT DEFVAL*

Corrente do conversor, em pu na base do elo CC. O valor deste sinal é sempre positivo, tanto para retificador quanto para inversor.

### **VCNV**

*IMPORT DEFVAL*

Tensão terminal do conversor, em pu na base do elo CC. Este sinal é a tensão do anodo menos a tensão do catodo, portanto em regime permanente ela é positiva para retificador e negativa para inversor.

### **PCCCNV**

*IMPORT DEFVAL*

Potência CC do conversor, em pu na base do elo CC. Em regime permanente o valor deste sinal é positivo para retificador e negativo para inversor.

### **ALFA**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Ângulo de disparo do conversor, em radianos.

### **ALFMIN**

*IMPORT DEFVAL*

Ângulo mínimo de disparo do conversor, em radianos.

### **ALFMAX**

*IMPORT DEFVAL*

Ângulo máximo de disparo do conversor, em radianos.

### **GAMA**

*IMPORT DEFVAL*

Ângulo de extinção do conversor, em radianos. Não é usado para retificador. Para conversor do tipo CCC corresponde a  $\gamma$  (margem de comutação).

**GAMIN***IMPORT DEFVAL*

Ângulo mínimo de extinção do conversor, em radianos. Não é usado para retificador.

**CTAP***IMPORT EXPORT DEFVAL*

Relação de transformação dos transformadores conversores  $\left(\frac{V_{sec}}{V_{prim}}\right)$ , em pu.

---

**Nota:** Corresponde ao inverso do tap calculado no programa de fluxo de potência *Anarede*.

---

**POLO***IMPORT DEFVAL*

Polaridade do conversor: 1 para polo positivo e -1 para polo negativo.

**OPCNV***IMPORT DEFVAL*

Modo de operação do conversor: 1 para retificador e -1 para inversor.

**CNVK***IMPORT DEFVAL*

Constante do conversor:  $\frac{3n_p\sqrt{2}V_{base}CA_{sec}}{\pi V_{base}CC}$ , onde  $n_p$  é o número de pontes de 6 pulsos ativas do conversor.

**CONDCC***IMPORT DEFVAL*

Estado de condução de corrente do conversor: 0 para estado normal de condução, 1 para estado com corrente interrompida (não condução) e 2 para estado em falha de comutação.

**ESTCNV***IMPORT EXPORT DEFVAL*

Estado de operação do conversor: 0 para conversor em elo desligado e 1 para conversor em elo ligado.

**STAPFC***IMPORT EXPORT DEFVAL*

Estado da aplicação da falha de comutação: 0 para inversor em operação normal e 1 para inversor em falha de comutação.

---

**Nota:** Para maiores informações a respeito da modelagem das falhas de comutação no *Anatem*, consulte o código *DFCM*.

---

**RCNV***IMPORT DEFVAL*

Resistência de comutação do trafo conversor, em pu na base do elo CC.

**RCCNV***IMPORT DEFVAL*

Resistência de comutação do capacitor do CCC, em pu na base do elo CC.

**SM01***IMPORT EXPORT DEFVAL*

Primeiro sinal de modulação do conversor, em pu.

**SM02***IMPORT EXPORT DEFVAL*

Segundo sinal de modulação do conversor, em pu.

### SM03

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Terceiro sinal de modulação do conversor, em pu.

### SM04

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Quarto sinal de modulação do conversor. Se o conversor estiver em controle de área mínima este sinal será dado em pu. Se o conversor estiver em controle de  $\gamma$  mínimo este sinal será dado em radianos. Consulte o parâmetro *FLGAM* no código de execução *DMCV* para a definição do modo de controle.

### NPCNV

*IMPORT DEFVAL*

Número de pontes de 6 pulsos que formam o conversor de cada polo HVDC.

Novo na versão 12.5.0: Possibilidade de utilizar a variável *CTAP* no *Bloco EXPORT*.

## 24.7.1 Local Remoto de Elos de Corrente Contínua LCC

O tipo *CONVER* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

EI	Número de identificação do elemento
----	-------------------------------------

## 24.8 Códigos Relacionados

Modelo *Built-in* de Elo: *DMEL*

Linhas CC: *DCLI*

Controlador *Built-in*: *DMCV*

Controlador Personalizado: *ACDU DCDU DTDU*

Associação de Controles: *DELO DCNV*

Outros: *DCDU DEVT DLOC DPLT*

## Compensadores Estáticos de Reativos



O **Compensador Estático de Reativo (CER)**, em inglês *Static Var Compensator (SVC)*, é um dispositivo de eletrônica de potência constituído pelos seguintes elementos básicos: Reator Controlado a Tiristor (TCR – *Thyristor Controlled Reactor*) associado com um banco de capacitores fixos ou chaveado.

O SVC é um equipamento *shunt*, conectado à rede elétrica conforme ilustra a figura abaixo:

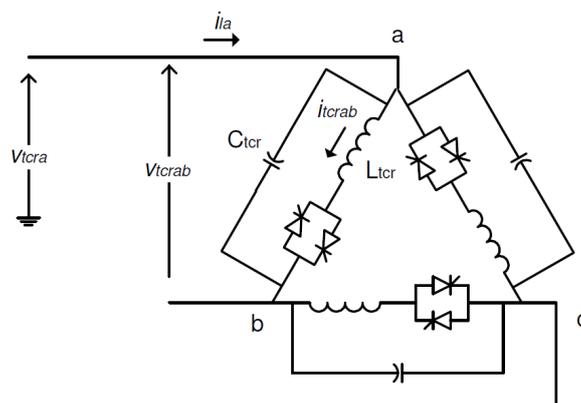


Fig. 25.1: *Compensador Estático de Reativos conectado em delta.*

O objetivo da compensação paralela em sistemas de transmissão é controlar a tensão em algum ponto do sistema ou aumentar a capacidade de transferência de potência através do aumento da margem de estabilidade. Isto pode ser necessário para melhorar as características de transmissão em regime permanente bem como a tensão, a estabilidade eletromecânica e diminuir os problemas de ressonância subsíncrona no sistema.

A compensação em derivação, feita por exemplo por um SVC, é bastante eficiente na manutenção de um perfil de tensão ao longo de linhas de transmissão que conectam duas barras do sistema elétrico e fornece suporte de tensão no final de linhas de transmissão radiais diante do aumento da demanda de potência. No entanto, a compensação em derivação é ineficiente no controle da potência ativa transmitida em uma linha com magnitudes das tensões

terminais definidas. Neste caso a potência ativa é definida em função do valor da impedância série e do ângulo entre as tensões terminais da linha.

**Nota:** O SVC é utilizado para regulação de tensão no meio (ou em algum ponto intermediário) da linha de transmissão e no final da mesma para evitar instabilidade de tensão, bem como, para controle dinâmico da tensão aumentando a margem de estabilidade transitória e amortecendo as oscilações de potência.

**Importante:** Os Compensadores Estáticos podem ser modelados com limites locais ou limites referidos à alta tensão (modelos L e T). Essa definição é realizada no caso *Anarede* e não pode ser alterada no *Anatem*. Algumas variáveis de plotagem e de CDU podem sofrer correção devido à modelagem escolhida.

Em resumo:

- L -> limites (e algumas variáveis) são os valores locais
- T -> limites (e algumas variáveis) são referidos à barra de alta do trafo

## 25.1 Modelos de Compensadores Estáticos

Os dados básicos de compensador estático são obtidos do caso de fluxo de potência do programa *Anarede* (arquivo histórico). Na versão atual está previsto apenas o compensador tipo RCT (reator controlado a tiristor).

O *Anatem* dispõe de 1 modelo *built-in* de controle de compensador estático (dados fornecidos pelo código *DMCE*).

Modelos de controle de compensador estático que não se enquadrem no modelo *built-in* podem ser representados por *CDU*. É possível representar também estabilizadores aplicados em controles de compensador estático, os quais atualmente só podem ser modelados por *CDU*.

### 25.1.1 Modelos Predefinidos de Compensadores Estáticos

A definição de modelo predefinido de compensador estático é realizada pelo código *DMCE*.

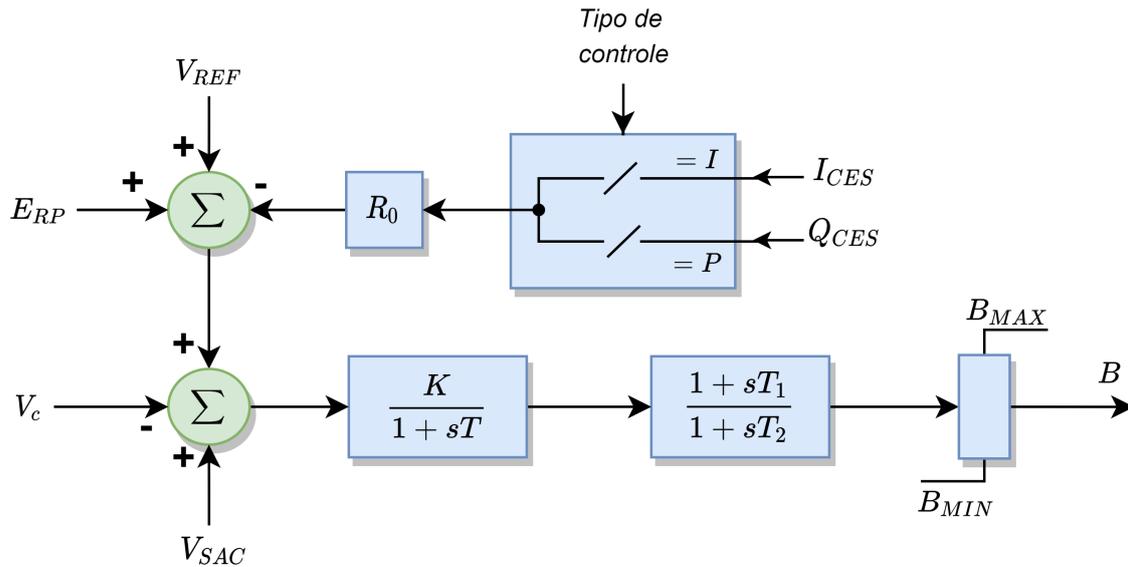
A opção *MD01* é utilizada para ativação da leitura de dados do respectivo tipo de modelo de compensador estático. O preenchimento dos parâmetros e o diagrama de blocos deste modelo é detalhado a seguir:

#### DMCE MD01

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de compensador estático.
<b>K</b>	Parâmetro <i>K</i> , conforme apresentado no diagrama de blocos para o modelo <i>MD01</i> .
<b>T</b>	Parâmetro <i>T</i> , conforme apresentado no diagrama de blocos para o modelo <i>MD01</i> .
<b>T1</b>	Parâmetro <i>T1</i> , conforme apresentado no diagrama de blocos para o modelo <i>MD01</i> .
<b>T2</b>	Parâmetro <i>T2</i> , conforme apresentado no diagrama de blocos para o modelo <i>MD01</i> .

Sendo:

- $V_c$  → Tensão da barra controlada pelo compensador estático, em *pu*.
- $V_{sac}$  → Sinal estabilizador aplicado no compensador estático, em *pu*.
- $V_{ref}$  → Sinal de referência (valor desejado para a tensão na barra controlada), em *pu*.
- $B_{min}$  → Susceptância mínima total do compensador estático, em *pu*.
- $B_{max}$  → Susceptância máxima total do compensador estático, em *pu*.
- $B$  → Susceptância total do compensador estático, em *pu*.
- $R_0$  → Estatismo do compensador estático, em *pu* de tensão/*pu* de corrente ou *pu* de tensão/*pu* de potência, conforme o tipo de controle definido no programa *Anarede*.
- $I_{ces}$  → Corrente injetada pelo compensador estático, em *pu* (positiva se operando na faixa capacitiva e negativa se operando na faixa indutiva).



- $Q_{ces}$  → Potência reativa injetada pelo compensador estático, em  $pu$  (positiva se operando na faixa capacitiva e negativa se operando na faixa indutiva).
- $E_{rp}$  → Sinal adicional em  $pu$  para fechamento de condições iniciais do fluxo de potência.

## 25.2 Associação de Compensadores Estáticos a Controles

A associação do modelo dinâmico do compensador estático aos seus controles é feita através do código *DCER*.

**Atenção:** Os compensadores estáticos não modelados são automaticamente convertidos para impedâncias constantes.

Unidades de compensadores estáticos podem ser desligadas através do código *DEVT* (evento *RMSV*).

## 25.3 Eventos em Compensadores Estáticos

Os seguintes eventos podem ser aplicados em compensadores estáticos (código *DEVT*):

### 25.3.1 Alteração de Estado Operativo

#### RMSV

Remoção de unidade de compensador estático (CER ou SVC).

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA associada ao compensador estático.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento ( <i>default = todos os grupos</i> )
<b>Un</b>	Número de unidades que serão removidas do grupo de compensador estático ( <i>default = todas as unidades</i> )

**Dica:** Caso o campo Número de Unidades (*Un*) esteja em branco serão desligadas todas as unidades ainda existentes no grupo de máquina de indução com dupla alimentação especificado pelos campos Elemento (**EI**) e Grupo

de Equipamento (*Gr*). Caso o campo Grupo de Equipamento (*Gr*) também esteja em branco então serão desligados todos os grupos de equipamento relacionados com o evento que estejam conectados à barra especificada pelo campo Elemento (**EI**).

### 25.3.2 Alteração em Sinal de Referência

#### TSVC

Degrau no sinal de referência de controle do compensador estático.

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA associada ao compensador estático
<b>%</b>	Variação %, relativa ao valor em $t = 0$ , do respectivo sinal de referência
<b>ABS</b>	Variação absoluta do respectivo sinal de referência, em pu.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento

## 25.4 Plotagem de Compensadores Estáticos

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos compensadores estáticos de reativos requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA associada ao compensador estático
<b>Gp</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à variável de plotagem

Os seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos compensadores estáticos de reativos:

#### QCES

Potência reativa do compensador estático, em Mvar. Este valor é corrigido considerando o transformador para o modelo T de CER.

#### BCES

Susceptância do compensador estático, em pu. Este valor é corrigido considerando o transformador para o modelo T de CER.

#### ICES

Corrente no compensador estático, em pu. Assumirá valor positivo se for capacitiva e negativo se for indutiva.

#### VCES

Tensão na barra controlada do compensador estático, em pu.

#### VSAC

Sinal estabilizador aplicado no compensador estático, em pu.

**Nota:** Para maiores informações a respeito dos modelos de compensadores estáticos disponíveis no *Anatem*, consultar seção *Modelos de Compensadores Estáticos*.

**Dica:** Exemplo de solicitação de variáveis de compensador estático via código *DPLT*

Listagem 25.1: Exemplo da aplicação do código DPLT com variáveis de CER

```

1 (=====
2 ( DADOS DAS VARIAVEIS DE SAIDA PARA PLOTAGEM
3 (=====
```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

4 DPLT
5 (
6 ( Variáveis de compensador estático da barra 3, grupo 10
7 (Tipo)M( EL ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
8 QCES          3          10
9 BCES          3          10
10 VCES         3          10
11 ICES         3          10
12 (
13 999999

```

## 25.5 Variáveis CDU de Compensadores Estáticos

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados ao compensador estático ou por locais remotos de medição (*SVC* no código *DLOC*):

### BCES

*IMPORT EXPORT*

Susceptância do compensador estático, em pu na base do sistema (positiva para operação capacitiva e negativa para operação indutiva). Este valor é corrigido considerando o transformador para o modelo T de CER.

### BMNCES

*IMPORT*

Valor mínimo da susceptância do compensador estático, em pu na base do sistema, conforme dados do compensador definido no programa Anarede. Este valor é corrigido considerando o transformador para o modelo T de CER.

### BMXCES

*IMPORT*

Valor máximo da susceptância do compensador estático, em pu na base do sistema, conforme dados do compensador definido no programa Anarede. Este valor é corrigido considerando o transformador para o modelo T de CER.

### ICES

*IMPORT*

Corrente injetada na rede pelo compensador estático, em pu na base do sistema (positiva para operação capacitiva e negativa para operação indutiva)

### R0CES

*IMPORT*

Estatismo do compensador estático, em pu de tensão/pu de corrente ou pu de tensão/ pu de potência reativa, conforme a característica estática do compensador definido no programa Anarede seja linear com corrente ou com potência na região de controle.

### QCES

*IMPORT*

Potência reativa injetada na rede pelo compensador estático, em pu na base do sistema (positiva para operação capacitiva e negativa para operação indutiva). Este valor é corrigido considerando o transformador para o modelo T de CER.

### VCES

*IMPORT*

Valor de tensão da barra controlada, em pu.

**VTCES**

*IMPORT DEFVAL*

Valor de tensão da barra terminal, em pu.

**VOCES**

*IMPORT*

Valor desejado para a tensão da barra controlada, em pu, conforme dados do compensador definido no programa Anarede.

**VSAC**

*IMPORT EXPORT*

Sinal estabilizador aplicado no compensador estático, em pu .

**STCES**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Número de unidades de compensador estático em operação no grupo.

### 25.5.1 Local Remoto de Compensadores Estáticos

O tipo *SVC* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA onde está conectado o compensador estático
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento associado à localização do sinal

### 25.6 Códigos Relacionados

Controlador *Built-in*: *DMCE*

Controlador Personalizado: *ACDU DCDU DTDU*

Associação de Controles: *DCER*

Outros: *DEVT DLOC DPLT*

## Compensadores Série Controláveis



Compensador Série Controlado a Tiristores, Hitachi ABB Power Grid

O **Compensador Série Controlável (CSC)**, em inglês *Thyristor Controlled Series Capacitor (TCSC)*, é um dispositivo de eletrônica de potência formado por reatores controlados e banco de capacitores fixos conectados em série a cada fase da rede elétrica conforme mostrado na figura a seguir:

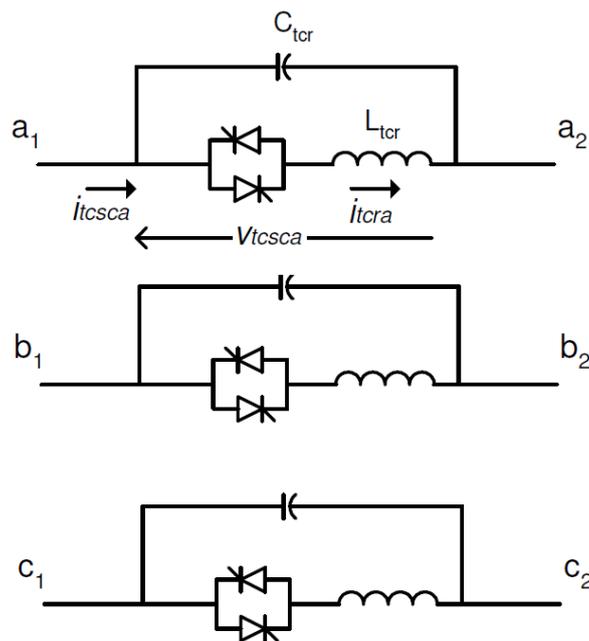


Fig. 26.1: Capacitores Série Controlados a Tiristor.

A transmissão de potência em corrente alternada através de linhas longas é limitada principalmente pela impedância reativa série da linha. A compensação capacitiva série (fixa) foi introduzida décadas atrás, para cancelar uma parcela da impedância reativa da linha e conseqüentemente aumentar a capacidade de transmissão de potência.

Com o advento da tecnologia FACTS, foi demonstrado que a compensação série variável é bastante eficiente no controle do fluxo de potência através da linha e na melhoria da estabilidade.

A compensação série controlada de linhas de transmissão pode ser aplicada para obter-se a máxima utilização do sistema de transmissão disponível através do controle do fluxo de potência nas linhas. Com a utilização de controladores rápidos, a compensação série controlada permite a minimização dos efeitos negativos provocados por distúrbios no sistema.

## 26.1 Modelos de Compensadores Série Controláveis

Os dados básicos de compensador estático são obtidos do caso de fluxo de potência do programa *Anarede* (arquivo histórico).

O programa *Anatem* dispõe de 2 modelos predefinidos de controle de compensador série controlável (dados fornecidos pelo código *DMCS*):

- *DMCS MD01* - Corresponde ao TCSC (“Thyristor Controlled Series Capacitor”) com variação contínua.
- *DMCS MD02* - Corresponde ao TSSC (“Thyristor Switched Series Capacitor”) com variação discreta.

Modelos de compensador série controlável que não se enquadrem nos modelos predefinidos podem ser representados por *CDU*. O modelo por *CDU* pode ser feito tendo como sinais de saída as susceptâncias dos componentes reativo e/ou capacitivo (bloco tipo *EXPORT* subtipo *BLCS* ou tipo *EXPORT* subtipo *BCCS*) ou alternativamente o sinal de reatância total do *CSC* (bloco tipo *EXPORT* subtipo *XCSC*).

### 26.1.1 Estabilizadores Aplicados em Compensador Série Controlável

O programa *Anatem* dispõe de 1 modelo *built-in* de estabilizador aplicado em compensador série controlável (dados fornecidos pelo código *DECS*).

A associação do modelo de estabilizador com o respectivo *CSC* é feita através do código *DCSC*.

Estabilizadores aplicados em compensador série controlável que não se enquadrem no modelo predefinido podem ser representados por *CDU*.

## 26.2 Associação de CSC a Controles

A associação de *Compensadores Série Controláveis* aos seus respectivos controles é feita através do código *DCSC*.

---

**Nota:** Os compensadores série não modelados são automaticamente convertidos para impedâncias constantes.

---

## 26.3 Eventos em Compensadores Série Controláveis

Os seguintes eventos podem ser aplicados em *CSC* (código *DEVT*):

### 26.3.1 Alteração em Sinal de Referência

#### TCSC

Degrau no sinal de referência de controle do compensador série controlável.

<b>EI</b>	Extremidade DE do compensador série controlável
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do compensador série controlável
<i>Nc</i>	Número do circuito do compensador série controlável ( <i>default = 1</i> )
<i>%</i>	Variação %, relativa ao valor em $t = 0$ , do respectivo sinal de referência
<i>ABS</i>	Variação absoluta do respectivo sinal de referência, em pu

### 26.4 Plotagem de Compensadores Série Controláveis

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos compensadores série controláveis requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do compensador série controlável
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do compensador série controlável
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito do compensador série controlável ( <i>default = 1</i> )

Os seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos compensadores estáticos de reativos:

#### XCSC

Reatância equivalente do compensador série controlável, em %.

#### BCSC

Susceptância equivalente do compensador série controlável, em pu .

#### ICSC

Módulo da corrente do compensador série controlável, em pu.

#### VSCS

Sinal estabilizador aplicado no compensador série controlável, em pu.

**Nota:** Para maiores informações a respeito dos modelos de compensadores série controláveis disponíveis no *Anatem*, consultar seção *Modelos de Compensadores Série Controláveis*.

### 26.5 Variáveis CDU de Compensadores Série Controláveis

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados a *CSC* ou por locais remotos de medição (tipo *CSC* do código *DLOC*):

#### BLCS

*IMPORT EXPORT*

Susceptância do indutor do compensador série controlável, em pu.

#### BCCS

*IMPORT EXPORT*

Susceptância do capacitor do compensador série controlável, em pu.

#### BMNCSC

*IMPORT*

Valor mínimo da susceptância total do compensador série controlável, em pu.

**BMXCSC**

*IMPORT*

Valor máximo da susceptância total do compensador série controlável, em pu.

**VSPCSC**

*IMPORT*

Valor especificado de corrente, potência ou reatância no CSC, conforme dados do compensador definido no programa *Anarede*, em pu.

**XCSC**

*IMPORT EXPORT*

Reatância equivalente total do compensador série controlável, em pu.

**VSCS**

*IMPORT EXPORT*

Sinal estabilizador aplicado no compensador série controlável, em pu.

### 26.5.1 Local Remoto de Compensadores Série Controláveis

O tipo *CSC* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>EI</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do compensador série controlável
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do compensador série controlável
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito do CSC ( <i>default = 1</i> )

## 26.6 Códigos Relacionados

Modelo Dinâmico: *DMCS*

Controladores Personalizados: *ACDU DCDU DTDU*

Associação de Controles: *DCSC*

Outros: *DEVT DLOC DPLT*

## Equipamentos FACTS VSI



A modelagem de *Equipamentos FACTS VSI* é realizada no *Anatem* considerando a possibilidade de representar equipamentos genéricos, formados por vários terminais conversores locais em conexão série ou “*shunt*”.

Por equipamentos FACTS VSI entenda-se um equipamento FACT VSI formado por um ou mais terminais conversores do tipo fonte de tensão, comumente conhecidos *VSI* (“*Voltage Source Inverters*”) ou *VSC* (“*Voltage Source Converters*”).

---

**Dica:** A definição do equipamento FACT VSI é realizada no código *DEVS*.

---

Os conversores *VSI* são supostos conectados, no lado CA, em conexão *shunt* ou série conforme o tipo de equipamento e, no lado CC, conectados em paralelo a um capacitor comum, ou seja, é um equipamento que pode ser multiterminal porém com conversores locais. Isto é o inverso do que normalmente ocorre com os conversores CA-CC baseados em tiristores, usados em transmissão de corrente contínua ou em “*back-to-backs*”, que são conectados em paralelo do lado CA e em série do lado CC.

---

**Dica:** Os dados específicos dos *conversores VSI* são fornecidos no código *DVSI* e o conversor é associado ao seu controle (atualmente modelo por *CDU*) através do código *DAVS*.

---

## 27.1 Modelos de Equipamentos FACTS VSI

Por equipamentos FACTS VSI entenda-se um equipamento FACT VSI formado por um ou mais terminais conversores do tipo fonte de tensão, comumente conhecidos *VSI* (“*Voltage Source Inverters*”) ou *VSC* (“*Voltage Source Converters*”).

A modelagem de *Equipamentos FACTS VSI* no *Anatem* considera a possibilidade de representar equipamentos genéricos, formados por vários terminais conversores locais em conexão série ou “*shunt*”. Estes conversores são supostos conectados, no lado CA, em conexão *shunt* ou série conforme o tipo de equipamento e, no lado CC, conectados em paralelo a um capacitor comum, ou seja, é um equipamento que pode ser multiterminal porém com conversores locais (não foi considerado sistema de transmissão CC). Isto é o inverso do que normalmente ocorre com os conversores CA-CC baseados em tiristores, usados em transmissão de corrente contínua ou em “*back-to-backs*”, que são conectados em paralelo do lado CA e em série do lado CC.

Estes equipamentos utilizam chaves eletrônicas com controle de disparo e corte de corrente, entre elas o *GTO* (“*Gate Turn-Off Thyristor*”), o *IGBT* (“*Insulated Gate Bipolar Transistor*”) e o *IGCT* (“*Integrated Gate Commutated Thyristor*”), o que permite maior flexibilidade de controle em relação aos equipamentos FACTS convencionais que utilizam tiristores (somente disparo controlado).

Os principais equipamentos sugeridos na literatura são ilustrados nas figuras a seguir :

- **STATCOM** - “*Static Synchronous (Shunt) Compensator*”

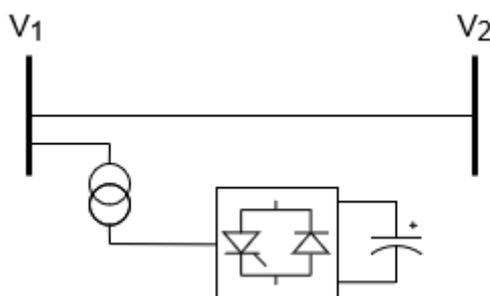


Fig. 27.1: STATCOM - Equipamento FACTS para controle de tensão, composto de um único terminal em conexão *shunt*.

- **SSSC** - “*Static Synchronous Series Compensator*”

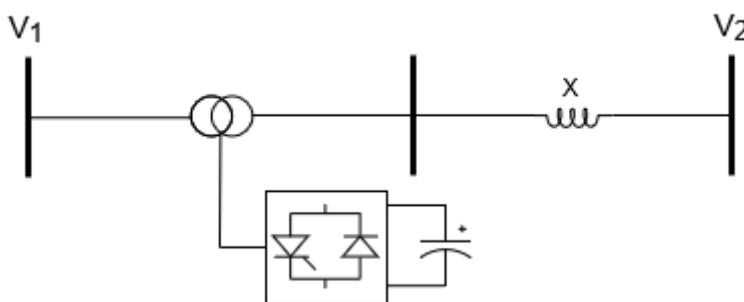


Fig. 27.2: SSSC - Equipamento FACTS para controle de potência ativa, composto de um único terminal em conexão série.

- **UPFC** - “*Unified Power Flow Controller*”

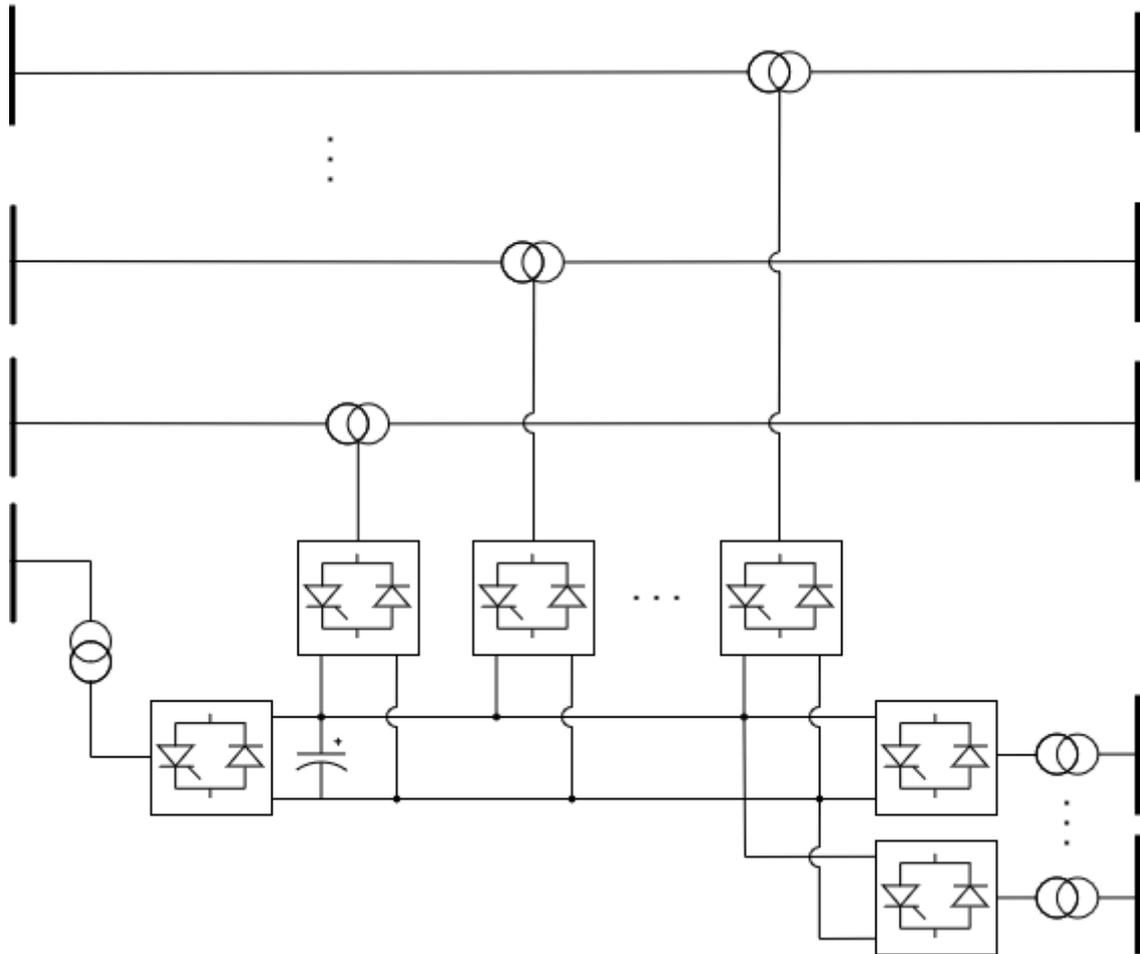


Fig. 27.3: SSSC - Equipamento FACTS genérico, podendo ter vários terminais, tanto em conexão *shunt* quanto em conexão série.

**Atenção:** Na presente versão está disponível apenas a modelagem de *STATCOM* e de *SSSC*.

A definição do equipamento FACT VSI é realizada no código *DEVS*, conforme descrito a seguir:

<b>Ne</b>	Número de identificação do Equipamento FACTS VSI.
<b>Vbdc</b>	Tensão base do sistema CC do equipamento, em kV.
<b>Pbdc</b>	Potência base do sistema CC do equipamento, em MW.
<i>Identifi- ca- cao</i>	Nome do Equipamento FACTS VSI (identificação alfanumérica).
<b>Ccc</b>	Valor de capacitância do capacitor equivalente do lado CC, em $\mu F$ .
<i>Rcc</i>	Valor de resistência “ <i>shunt</i> ” opcional de descarga do capacitor CC, em ohms. Recomenda-se não utilizar este campo, por enquanto, uma vez as perdas deste resistor ainda não podem ser computadas na inicialização (necessita-se de modelo no fluxo de potência) e irão gerar um pequeno transitório inicial.
<i>Vcci</i>	Valor inicial para a tensão do capacitor CC, em kV.
<i>Tipo</i>	Identifica o tipo de Equipamento FACTS VSI. Este campo tem como utilidade sinalizar para o programa qual estratégia de inicialização utilizar (uma vez que este tipo de equipamento ainda não está modelado no <i>Anarede</i> e irá substituir algum outro elemento já existente) e facilitar a verificação pelo programa de quantos e quais tipos de conversores <i>VSI</i> (fornecidos pelo código <i>DVSI</i> ) serão permitidos no equipamento. Na presente versão do <i>Anatem</i> , este campo deverá ser preenchido com <i>STATCOM</i> (equipamento para controle de tensão, composto de um único terminal em conexão <i>shunt</i> ), <i>SSSC</i> (equipamento para controle de potência ativa, composto de um único terminal em conexão série) ou equipamento genérico, podendo ter vários terminais, tanto em conexão <i>shunt</i> quanto em conexão série. Nenhuma verificação é feita pelo programa, neste caso.

**Nota:** Para a inicialização dos Equipamento FACTS VSI é utilizada a seguinte estratégia:

- 1) Um conversor *VSI* do equipamento que esteja em conexão do tipo *shunt* irá substituir um grupo de compensador estático *shunt* definido no *Anarede*, de forma a manter o fluxo de potência inalterado. O compensador estático deverá estar dentro da faixa de controle (sem limitação), pois nesta região a curva estática de controle é idêntica à de um *STATCOM*.
- 2) Um conversor *VSI* do equipamento que esteja em conexão do tipo série irá substituir um *Compensadores Série Controláveis* (TCSC) definido no *Anarede*, de forma a manter o fluxo de potência inalterado. O compensador série deverá estar dentro da faixa de controle (sem limitação), pois nesta região a curva estática de controle é idêntica à de um TCSC.

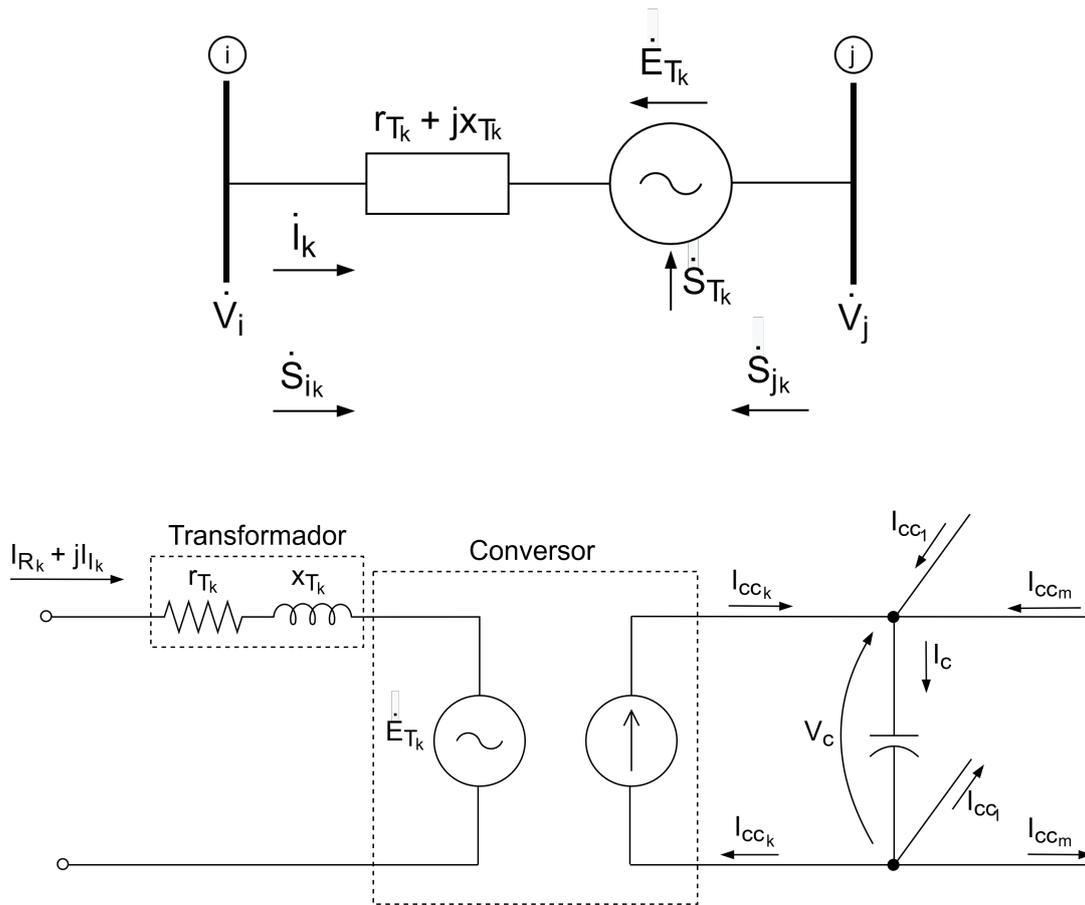
## 27.2 Modelos de Conversores FACTS VSI

A leitura de dados de *conversores VSI* é realizada por meio do código *DVSI*.

Os *conversores VSI* podem em geral ser representados do lado CA por um circuito equivalente de *Thévenin*, como mostrado abaixo. O conversor pode estar ligado do lado CA tanto em conexão *shunt* quanto em conexão série. Se a conexão for do tipo *shunt*, a barra *j* da figura será a terra. Observe-se que o sentido positivo da fonte de tensão foi definido como contrário ao do sentido do ramo ( $i - j$ ).

No lado CC os conversores *VSI* de um mesmo *equipamento FACTS VSI* estão ligados em paralelo a um capacitor CC como mostrado abaixo.

A tensão interna  $\dot{E}_{T_k}$  do *conversor VSI* de número *k* se relaciona com a tensão  $V_c$  do capacitor CC pela seguinte expressão



$$\dot{E}_{T_k} = K_{c_k} m_{c_k} V_c e^{j\Psi_k}$$

onde

- $K_{c_k} \rightarrow$  Constante de proporcionalidade para a fonte de tensão CA do conversor  $k$ ;
- $m_{c_k} \rightarrow$  Fator de ganho da tensão CA do conversor PWM relacionado com a modulação de amplitude (inclui linearização se necessário), para o conversor  $k$ , também referido como fator de modulação de amplitude linearizado;
- $\Psi_k \rightarrow$  é o ângulo da fonte de tensão do equivalente de *Thévenin* do ramo  $k$ , em relação à referência do sistema. Portanto a tensão aplicada ao sistema CA pode ter seu modo e sua fase controladas através das grandezas  $m_{c_k}$  e  $\Psi_k$ .

As correntes CA e CC do conversor se relacionam através da seguinte expressão

$$I_{CC_k} = K_{c_k}' m_{c_k} (I_{R_k} \cos \Psi_k + I_{I_k} \sin \Psi_k)$$

onde

- $K_{c_k}' \rightarrow$  Constante de proporcionalidade para o cálculo da corrente CC do conversor  $k$ ;
- $I_{R_k} \rightarrow$  Componente real da corrente no ramo  $k$ , no sentido de  $i$  para  $j$ ;
- $I_{I_k} \rightarrow$  Componente imaginária da corrente no ramo  $k$ , no sentido de  $i$  para  $j$ .

As constantes  $K_{c_k}$  e  $K_{c_k}'$  são dadas pelas expressões

$$K_{c_k} = a_{(pu)} n_c K_f \frac{V_{b_{CC}} V_{b_{pt}}}{V_{b_{CA}} V_{b_{st}}} \quad K_{c_k}' = \frac{S_{b_{CA}}}{P_{b_{CC}}} K_c$$

sendo

- $a_{(pu)}$  → Tap em pu do transformador do *conversor VSI*, no lado secundário;
- $n_c$  → Número de pontes em série no lado CA do *conversor VSI*;
- $K_f$  → Fator de forma da tensão CA do conversor, dependente do tipo de modulação e controle;
- $V_{b_{CA}}$  → Tensão base CA nas barras terminais do *conversor VSI*;
- $V_{b_{pt}}$  → Tensão base no lado primário do transformador do *conversor VSI* (para uma ponte);
- $V_{b_{st}}$  → Tensão base no lado secundário do transformador do *conversor VSI* (para uma ponte);
- $S_{b_{CA}}$  → Potência base CA do sistema;
- $V_{b_{CC}}$  → Tensão base no lado CC do *conversor VSI*;
- $P_{b_{CC}}$  → Potência base no lado CC do *conversor VSI*.

Por simplicidade não se usou o índice  $k$  para as grandezas  $a_{(pu)}$ ,  $n_c$ ,  $K_f$ ,  $V_{b_{CA}}$ ,  $V_{b_{pt}}$  e  $V_{b_{st}}$  porém elas terão valores específicos para cada um dos *conversores VSI* que compõem o *equipamento FACTS VSI*. No entanto as grandezas  $S_{b_{CA}}$ ,  $V_{b_{CC}}$  e  $P_{b_{CC}}$  são comuns a todos os conversores.

<b>Nv</b>	Número de identificação do <i>conversor VSI</i> .
<b>De</b>	Para os conversores VSI em conexão <i>shunt</i> , corresponde à barra terminal. Para os conversores VSI em conexão série, corresponde à barra <i>DE</i> do <i>compensador série</i> definido no <i>Anarede</i> que será substituído pelo conversor VSI.
<b>Pa</b>	Para os conversores VSI em conexão <i>shunt</i> , este campo deverá ser deixado em branco. Para os conversores VSI em conexão série, corresponde à barra <i>PARA</i> do compensador série definido no <i>Anarede</i> que será substituído pelo conversor VSI.
<b>Nx</b>	Para os conversores VSI em conexão <i>shunt</i> , corresponde ao número do grupo de <i>compensador estático</i> definido no <i>Anarede</i> que será substituído pelo conversor VSI. Para os conversores VSI em conexão série, corresponde ao número do circuito paralelo relativo ao compensador série definido no <i>Anarede</i> que será substituído pelo conversor VSI. Neste caso, se não for preenchido, assume o valor 1.
<b>np</b>	Número de pontes conversoras em série no lado CA, que formam o conversor VSI.
<b>Cnvk</b>	Fator de forma $K_f$ para a tensão do conversor VSI.
<b>M</b>	Estratégia de chaveamento do conversor: <i>P</i> para modulação por largura de pulso ( <i>PWM</i> ) ou <i>N</i> para modulação não <i>PWM</i> . Se deixado em branco, assume-se modulação <i>PWM (P)</i> .
<b>Vb</b>	Tensão base CA nas barras terminais do conversor VSI, em $kV$ .
<b>Rv</b>	Resistência do transformador para uma ponte conversora, em <i>pu</i> na base de uma unidade do transformador.
<b>Xv</b>	Reatância do transformador para uma ponte conversora, em <i>pu</i> na base de uma unidade do transformador.
<b>Vpt</b>	Tensão base do enrolamento primário de uma unidade do transformador do conversor, em $kV$ . Para conversores em conexão série este campo é de preenchimento obrigatório. Para conversores em conexão <i>shunt</i> , caso se deixado em branco, assume-se o valor igual ao do campo <i>Vb</i> dividido pelo do campo <i>np</i> .
<b>Vst</b>	Tensão base do enrolamento secundário de uma unidade do transformador do conversor, em $kV$ .
<b>St</b>	Potência base de uma unidade do transformador conversor, em <i>MW</i> .
<b>Tap</b>	Tap do transformador no lado secundário, em <i>pu</i> .
<b>Ne</b>	Número do equipamento FACTS VSI (definido no código <i>DEVS</i> ) ao qual pertence o conversor VSI.

**Aviso:** Caso a ordem das barras *DE* e *PARA* estiver revertida em relação à definida no *Anarede*, prevalecerá a ordem do *Anarede*.

**Nota:** Para o fator de forma *Cnvk* deve-se usar um dos seguintes valores:

- $K_f = \frac{\sqrt{6}}{\pi}$  → Se o controle do conversor VSI não usar modulação ou se usar modulação *PWM* senoidal com sobremodulação e linearização.
- $K_f = \frac{\sqrt{6}}{4}$  → Se o controle do conversor VSI usar modulação *PWM* senoidal sem sobremodulação (operação na faixa linear).

Este fator não foi fixado no programa para que, caso necessário, pudesse ser ajustado para considerar alguma outra topologia de conversor ou outra estratégia de controle não prevista.

**Aviso:** Recomenda-se não utilizar o campo  $R_v$ , por enquanto, uma vez que as perdas da resistência do transformador ainda não podem ser computadas corretamente na inicialização (necessita-se de modelo no fluxo de potência) e irão gerar um pequeno transitório inicial.

## 27.3 Associação de Conversores FACTS VSI

A associação do *conversor VSI* ao respectivo controle (modelado por *CDU*) é realizada por meio do código *DAVS*, conforme a seguir:

### DAVS

<b>Nv</b>	Número de identificação do conversor <i>VSI</i> ao qual deverá ser associado o respectivo modelo de controle.
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor <i>VSI</i> , como definido no campo <i>ncdu</i> do código <i>DCDU</i> ou do código <i>ACDU</i> relativo à topologia definida via código <i>DTDU</i> . Nesta versão o modelo de controle de conversor <i>VSI</i> só pode ser do tipo definido pelo usuário.
<b>U</b>	Letra <i>U</i> , pois o modelo de controle de conversor <i>VSI</i> só pode ser definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> .

## 27.4 Eventos de FACTS VSI

Não existem eventos implementados para modelos *FACTS VSI*.

## 27.5 Plotagem de FACTS VSI

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos equipamentos *FACTS VSI* requer o preenchimento dos seguintes campos:

<b>EI</b>	Número de identificação do equipamento/conversor <i>FACT VSI</i>
-----------	--

**Nota:** Na presente versão os sinais *IRVSI*, *IIVSI*, *SVSI*, *PVSI* e *QVSI*, quando relativos a conversores *VSI* série, só estão disponíveis para a extremidade *DE*. Esta extremidade é a barra *DE* do circuito (*TCSC*) que foi substituído pelo conversor *VSI* série, conforme definida no *Anarede* e não no código *DVSI*. Caso se deseje o sinal na outra extremidade, o circuito deverá ser definido em sentido contrário.

O sentido positivo da tensão interna no lado *CA* do conversor *VSI* é considerado contrário ao da orientação *DE PARA* do ramo do conversor *VSI*.

O seguinte identificador deve ser utilizado para selecionar a variável relativa aos equipamentos *FACTS VSI*:

### FMVSI

Fator de modulação  $m_{ck}$  do conversor *VSI* (adimensional).

### PHSVSI

Fase  $\psi_k$  da tensão interna no lado *CA* do conversor *VSI*, em graus, relativa à referência do sistema *CA*.

### ETMVSI

Módulo tensão interna no lado *CA* do conversor *VSI*, em pu.

### ETRVSI

Componente real da tensão interna no lado *CA* do conversor *VSI*, em pu.

**ETIVSI**

Componente imaginária da tensão interna no lado CA do conversor VSI, em pu.

**IMVSI**

Módulo da corrente CA do conversor VSI, em pu.

**IRVSI**

Componente real da corrente do lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**IIVSI**

Componente imaginária da corrente do lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**SVSI**

Potência aparente no lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**PVSI**

Potência ativa no lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**QVSI**

Potência reativa no lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**ICCVSI**

Corrente no lado CC do conversor VSI, em pu.

**PCCVSI**

Potência no lado CC do conversor VSI, em pu.

## 27.6 Variáveis CDU de FACTS VSI

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados a Equipamentos FACTS VSI:

---

**Nota:** Os sinais *IRVSI*, *IIVSI*, *SVSI*, *PVSI* e *QVSI*, quando relativos a conversores VSI série, só estão disponíveis para a extremidade DE. Esta extremidade é a barra DE do circuito (TCSC) que foi substituído pelo conversor VSI série, conforme definida no Anarede e não no código *DVSI*. Caso se deseje o sinal na outra extremidade, o circuito deverá ser definido em sentido contrário.

O sentido positivo da tensão interna no lado CA do conversor VSI é considerado contrário ao da orientação DE PARA do ramo do conversor VSI.

---

**FMVSI**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Fator de modulação  $m_{c_k}$  do conversor VSI (adimensional).

**PHSVSI**

*IMPORT EXPORT DEFVAL*

Fase  $\psi_k$  da tensão interna no lado CA do conversor VSI, em radianos, relativa à referência do sistema CA.

**ETMVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Módulo da tensão interna no lado CA do conversor VSI, em pu.

**ETRVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Componente real da tensão interna no lado CA do conversor VSI, em pu.

**ETIVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Componente imaginária da tensão interna no lado CA do conversor VSI, em pu.

**IMVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Módulo da corrente CA do conversor VSI, em pu.

**IRVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Componente real da corrente do lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**IIVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Componente imaginária da corrente do lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**SVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Potência aparente no lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**PVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Potência ativa no lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**QVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Potência reativa no lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**ICCVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Corrente no lado CC do conversor VSI, em pu.

**PCCVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Potência no lado CC do conversor VSI, em pu.

**RTRVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Resistência equivalente total dos transformadores do conversor VSI (equivalente de Thévenin), em pu.

**XTRVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Reatância equivalente total dos transformadores do conversor VSI (equivalente de Thévenin), em pu.

**GTRVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Admitância equivalente total dos transformadores do conversor VSI (equivalente de Norton), em pu.

**BTRVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Susceptância equivalente total dos transformadores do conversor VSI (equivalente de Norton), em pu.

**KCVSI**

*IMPORT DEFVAL*

Fator  $K_c$  de proporcionalidade da equação de relaciona a tensão CA e a tensão CC do conversor VSI (adimensional).

$$K_c = a_{(pu)} n_c K_f \cdot \frac{V_{bCC}}{V_{bCA}} \cdot \frac{V_{bpt}}{V_{bst}}$$

onde:

- $a_{(pu)}$  é o tap do transformador do conversor VSI, no lado secundário;
- $n_c$  é o número de pontes em série no conversor VSI;
- $K_f = \frac{\sqrt{6}}{\pi}$  ou  $\frac{\sqrt{6}}{4}$ , é o fator de forma da tensão, dependente do tipo de modulação e controle;
- $V_{bCA}$  é a tensão base CA nas barras terminais do conversor VSI;
- $V_{bCC}$  é a tensão base no lado CC do conversor VSI;
- $V_{bpt}$  é a tensão base no lado primário do transformador do conversor VSI (para uma ponte) e
- $V_{bst}$  é a tensão base no lado secundário do transformador do conversor VSI (para uma ponte).

### KCLVSI

*IMPORT DEFVAL*

Fator de proporcionalidade da equação de relaciona a corrente CA e a corrente CC do conversor (adimensional) determinado pela expressão:

$$K_c' = \frac{S_{bCA}}{P_{bCC}} \cdot K_c$$

onde:

- $S_{bCA}$  é potência base CA do sistema e
- $P_{bCC}$  é potência base no lado CC do conversor.

### 27.6.1 Local Remoto de *FACTS VSI*

Os tipos *EFVSI* (equipamento FACT VSI) e *VSI* (conversor FACT VSI) no código *DLOC* possuem a seguinte régua de preenchimento:

<b>EI</b>	Número de identificação do elemento
-----------	-------------------------------------

## 27.7 Códigos Relacionados

Dados de Equipamentos FACTS VSI: *DEVSI*

Conversores *VSI*: *DAVS DVSI*

## **Parte VI**

# **Controladores Personalizados**



## Controladores Definidos pelo Usuário



From PxHere (pxhere.com)

Os Controladores Definidos pelo Usuário (CDUs) permitem ao usuário representar as malhas de controle para as unidades de geração e modelos de equipamentos de forma personalizada, em adição aos modelos predefinidos (*built-in*) disponíveis no *Anatem*, através do código *DCDU*, sendo os modelos associados aos respectivos equipamentos feita a partir de códigos de execução específicos em cada caso. Na presente versão um modelo de controle via CDU pode ser utilizado por mais de um equipamento por meio do uso da *Topologia de CDUs* (códigos *DTDU* e *ACDU*).

O modelo definido pelo usuário pode ser linear ou não. Sua representação é feita no domínio da frequência através de diagrama de blocos, usualmente utilizado na engenharia de sistemas de controle.

**Atenção:** As regras básicas para construção e utilização de um CDU são:

- As entidades básicas de um CDU são variáveis e blocos, que podem ser entradas, saídas ou limites de bloco.
- Toda variável que não é limite de bloco deve necessariamente ser entrada de um bloco e saída de outro bloco. Variáveis que são limites fixos de bloco são as únicas que não são saída de nenhum bloco.
- Todo bloco com limite deverá ter os dois limites definidos.
- Os dados dos blocos podem ser fornecidos diretamente nos campos P1, P2, P3 e P4 (ver código *DCDU*) como números ou como parâmetros. Os valores dos parâmetros são especificados através de instruções *DEFPAR*.
- O valor inicial de uma variável pode ser especificado por uma definição de valor (*DEFVAL*).
- Blocos dinâmicos (*Bloco PROINT*, *Bloco WSHOUT*, *Bloco LEDLAG*, *Bloco POL(S)*, etc. ) possuem variáveis de estado internas não acessíveis ao usuário (a não ser para plotagem).
- Alguns blocos (como *DISMIN*, *DLAYON* e outros) possuem variáveis de estado internas, mas não acessíveis para plotagem. Geralmente, essas variáveis representam algum contador interno ou valor histórico de entrada.

- As conexões dos CDUs com os outros modelos são feitas através dos blocos *Bloco IMPORT* e *Bloco EXPORT*.
- No modo *ANAC* (execução de simulação em controles de forma independente) todos os CDUs lidos serão resolvidos.
- No modo *ANAT* (execução de caso de estabilidade), um CDU só é resolvido se estiver associado a um equipamento.

---

**Dica:** Uma boa prática de trabalho para a elaboração de CDUs é construir os diagramas de blocos através do programa CDUEdit e, em seguida, exportá-los como arquivos com extensão *.cdu*. No arquivo criado, recomenda-se substituir o código *DCDU* pelo código *DTDU*, de modo a declarar as malhas de controle como topologias e assim associá-las à múltiplos equipamentos do sistema através do código *ACDU*. O código *DARQ* permite incluir o arquivo com extensão *.cdu* e, com efeito, os CDUs criados, na simulação sem que seja necessário escrevê-los no arquivo principal com extensão *.stb*.

---

**Ver também:**

Consulte a entrada *Considerações para uma boa Modelagem de CDU* para orientações válidas também para controladores CDU.

## 28.1 Definição de CDU

Os CDUs são definidos no *Anatem* por meio do código *DCDU*, possuindo diferentes régua de preenchimento, a depender do contexto do dado a ser informado. É possível declarar mais de um controlador em um mesmo *DCDU*. Cada declaração de um controlador deve ser finalizado pelo comando *FIMCDU*. O fechamento do código *DCDU* em si é realizado por meio do habitual *999999*. Usualmente, um controlador possui a seguinte ordem de declaração de dados: identificação -> *DEFPAR* -> *blocos de CDU* -> *DEFVAL* -> *FIMCDU*.

### 28.1.1 Identificação

É a primeira informação de cada novo controlador, onde são dadas informações acerca da identificação deste controlador. A identificação numérica deve ser única a cada controlador e será a forma pela qual o usuário relacionará este controlador a outros equipamentos ou *Códigos de Execução*. A identificação alfanumérica é utilizada pelo programa na produção dos arquivos de saída, como os relatórios; não é requerido que esta identificação seja única, embora seja extremamente recomendado que a seja.

Possui a seguinte régua:

<b>ncdu</b>	Número de identificação do <i>CDU</i>
<b>nome cdu</b>	Identificação alfanumérica do <i>CDU</i>

### 28.1.2 DEFPAR

Declarações *DEFPAR* servem para a declaração de parâmetros a serem utilizados em *Blocos de CDU* e em declarações *DEFVAL*. A utilização de declarações *DEFPAR* torna o controle mais limpo e menos propenso a erros na modelagem, além de trazer significado aos valores informados.

---

**Dica:** Utilize comentários a direita das definições para informar a função de cada parâmetro dentro de um controle.

---

**Ver também:**

Consulte a entrada *DEFPAR* para mais informações acerca do preenchimento desta informação.

### 28.1.3 Blocos de CDU

As declarações dos *Blocos de CDU* são utilizadas para a construção da lógica em si do controle, onde os blocos são definidos e interconectados. Os parâmetros (tipicamente editáveis) dos blocos devem possuir declarações do tipo *DEFPAR*. Todas as variáveis de saída devem estar conectadas à entrada de ao menos um outro bloco. Saídas podem ser compartilhadas como entrada em mais de um bloco.

**Dica:** Utilize parâmetros definidos em *DEFPAR* para maior legibilidade e manutenibilidade do controlador.

#### Ver também:

Consulte a entrada *Blocos de CDU* para mais informações acerca do preenchimento desta informação.

### 28.1.4 DEFVAL

Declarações *DEFVAL* servem para a declaração de **valores iniciais das variáveis** do controlador. Boa parte das variáveis são auto-inicializáveis, não requerendo a utilização deste recurso. Em alguns pontos do controlador, contudo, pode ser necessário que o usuário informe qual o valor inicial daquele controle. Variáveis utilizadas apenas como limitadores podem ser definidas também por meio de *DEFVAL*, dispensando a criação de blocos.

#### Ver também:

Consulte a entrada *DEFVAL* para mais informações acerca do preenchimento desta informação.

### 28.1.5 FIMCDU

Os CDUs devem ser finalizados por meio da declaração *FIMCDU*. O código *DCDU* deve ser finalizado com o comando *999999*.

## 28.2 Definição de Parâmetros (DEFPAR)

Dentro de um *CDU*, o código *DEFPAR* permite ao usuário **declarar um parâmetro** do modelo e especificar um valor numérico. Parâmetros são declarados no *Anatem* iniciando o nome desejado para o parâmetro por “#” (cerquilha ou tralha) dentro do código *DEFPAR*.

**Atenção:** Qualquer parâmetro a ser utilizado nos campos *P1*, *P2*, *P3* e *P4* dos registros de dados de bloco deve ser primeiramente definido através de um registro de *DEFPAR*.

Para a declaração de um parâmetro, é necessário o preenchimento dos seguintes campos:

<b>(EF-PAR)</b>	Palavra <i>DEFPAR</i>
<b>nome</b>	Identificação alfanumérica do parâmetro. Deve começar obrigatoriamente pelo caractere “#” seguido de letra
<b>valor</b>	Valor do parâmetro

**Dica:** Insira régua para auxiliar ao preenchimento dos campos do código *DEFPAR* com o comando “*ctrl + \**”, após digitar o Texto “*\*DEFPAR*”.

## 28.2.1 Exemplo

Listagem 28.1: Exemplo da declaração de parâmetros via código DEF-PAR

```

1 (=====
2 ( CONTROLE DE UMA UNIDADE DE UM PARQUE EOLICO
3 (=====
4 DCDU
5 (ncdu) ( nome cdu )
6 100   CDU_EOLICA
7 (EFPAR (nome) (   valor   )
8 DEFPAR #Vref  1.0           Tensao de referencia [pu]
9 DEFPAR #Slip0 0.98         Escorregamento inicial [pu]
10 DEFPAR #Wind0 5.0          Velocidade inicial do vento [m/s]
11 FIMCDU
12 (
13 999999

```

## 28.3 Blocos de CDU

Os blocos de *CDU* são utilizados, dentro do contexto do *Anatem*, para a criação de malhas de controle personalizadas utilizadas para representar a dinâmica dos controladores a serem associados aos diversos equipamentos do sistema, como os reguladores de tensão e de velocidade associados às *Máquinas Síncronas*, por exemplo. Os blocos de *CDU* também permitem ao usuário representar modelos completos, como no caso dos geradores eólicos, *Geradores de Indução Diretamente Conectados*, *Geradores Eólicos DFIG* ou *Geradores Síncronos Eólicos* e os conversores CA-CC dos *Elos de Corrente Contínua LCC*.

As malhas de controle podem ser criadas utilizando a interface do *Anatem*, através do código *DCDU* ou, em se tratando de uma topologia, ou seja, uma malha de controle a ser associada a múltiplos equipamentos, do código *DTDU*.

### 28.3.1 Tipos dos sinais de entrada e saída

Os sinais dos controladores são sempre sinais reais (números reais), ainda que alguns blocos possuam lógicas referentes a números booleanos ou números inteiros.

- Blocos que possuem entradas do tipo inteiro (como *Bloco BORDAI* ou alguns subtipos do *Bloco EXPORT*) realizam conversões do valor de entrada real, normalmente por truncamento.
- Blocos que possuem entrada do tipo lógico (como *Bloco LOGIC Subtipo .OR.*) convertem o sinal de entrada em Verdadeiro (1) ou Falso (0) em função de alguma comparação de referência (usualmente 0). Alguns blocos utilizam parâmetros opcionais para esta comparação, como é o caso do *Bloco MONEST*.
- As variáveis naturalmente complexas (como corrente, ou tensão) são separadas em dois sinais (em coordenadas polares ou retangulares).
- O tipo da variável de saída indicado nos blocos é apenas uma referência para guiar o usuário em qual o tipo de valores que são esperados como resultado das operações daquele bloco em questão.

**Dica:** É recomendável, ao invés de utilizar a interface do *Anatem* para criar ou editar um *CDU*, utilizar o programa auxiliar *CDUEdit*, por possuir uma interface gráfica mais sofisticada e que simplifica o processo, para criar uma malha de controle (arquivo *.cde*) e, posteriormente, exporta-la para utilização no *Anatem* (arquivo *.cdu*).

**Dica:** No *CDUEdit*, para adicionar mais entradas a um bloco que admita um número indefinido de entradas, como

os blocos *MIN* e *SOMA*, com a entrada desejada selecionada, posicione o cursor sobre o centro do bloco e solte-a assim que surgir um sinal de “+”. Será criado um novo terminal e entrada no bloco, no qual a entrada selecionada será automaticamente posicionada.

### 28.3.2 Utilização

Os parâmetros apresentados a seguir são comuns a todos os blocos, com exceção de blocos de interface e terminadores.

<b>nb</b>	Número de identificação do bloco
<i>i</i>	Se preenchido com o caractere “*”, indica que o bloco do <i>CDU</i> é um bloco exclusivamente de inicialização
<b>tipo</b>	Tipo do bloco
<i>o</i>	Se preenchido com o caractere “*”, indica que o bloco do <i>CDU</i> não emitirá mensagens nos relatórios de saída
<i>stip</i>	Subtipo do bloco, para blocos com tipos que exigem o preenchimento deste campo
<i>s</i>	Se preenchido com o caractere “-“, indica sinal com polaridade invertida; disponível para alguns blocos específicos
<b>Vent</b>	Identificação alfanumérica da variável de entrada do bloco
<b>Vsai</b>	Identificação alfanumérica da variável de saída do bloco

**Dica:** Preencha o campo *i* com “\*” para blocos a serem usados apenas na inicialização do *CDU*. As variáveis de saída destes blocos permanecerão constantes durante toda a simulação, agilizando a simulação e diminuindo problemas de convergência em malhas que não são de interesse.

**Atenção:** Os nomes de variáveis devem sempre começar por uma letra e os nomes de parâmetros devem começar pelo caractere “#” seguido de letra.

**Nota:** Nos campos a serem preenchidos com nome de variável ou nome de parâmetro, é indiferente o uso de letras maiúsculas ou minúsculas (o programa faz internamente a conversão para maiúsculas).

Os parâmetros apresentados a seguir são dependentes de cada bloco. Consulte a descrição de cada bloco para o correto preenchimento destes parâmetros:

<i>P1</i>	Parâmetro P1 do bloco
<i>P2</i>	Parâmetro P2 do bloco
<i>P3</i>	Parâmetro P3 do bloco
<i>P4</i>	Parâmetro P4 do bloco
<i>Vmin</i>	Identificação alfanumérica da variável associada ao limite inferior
<i>Vmax</i>	Identificação alfanumérica da variável associada ao limite superior

**Nota:** Os campos *P1*, *P2*, *P3* e *P4* destinados aos parâmetros do bloco podem ser preenchidos com números ou com *parâmetros*. Pode-se adicionar sinais (+ ou -) à frente destes campos (“-#GAIN” e.g.).

**Dica:** Utilize o bloco *GANHO* com *P1* = -1 ou o bloco *FUNCAO* subtipo *MENOS* para inverter a polaridade de um sinal para blocos que não admitem o preenchimento do campo “s”.

**Atenção:** Os campos  $V_{min}$  e  $V_{max}$  devem ser sempre preenchidos com o nome de uma variável e não com um valor numérico ou nome de parâmetro. Os limites fixos terão seu valor estabelecido usando-se um registro com o código *DEFVAL* (ver item “Formato dos Dados de Definição de Valores de Variáveis”) que associará um valor inicial a esta variável.

**Dica:** Ao utilizar a interface do *Anatem* para criar um *CDU*, para inserir a régua de auxílio para o preenchimento dos parâmetros dos blocos, insira um número para o bloco e inicie o preenchimento da próxima linha. Em seguida, utilize o atalho no teclado “*ctrl + \**”. A guia de preenchimento de blocos só é inserida quando se está na segunda linha do CDU que se inicia por um número.

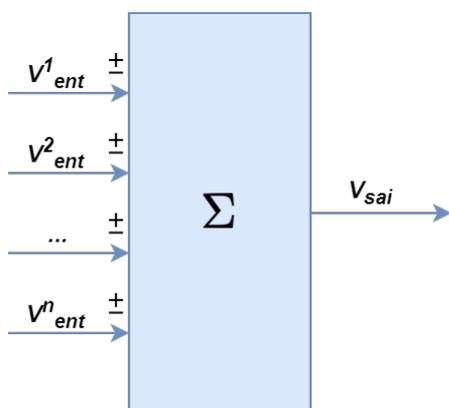
### 28.3.3 Blocos Aritméticos

#### Bloco SOMA

O bloco SOMA é utilizado para somar ou subtrair os valores de entrada.

#### Características

# Entradas	2 ou mais
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real



**Nota:** O *Bloco SOMA* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

#### Lógica

$$V_{sai} = V_{ent}^1 \pm V_{ent}^2 \pm \dots \pm V_{ent}^n$$

## Exemplo

Listagem 28.2: Exemplo de Utilização do Bloco SOMA

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_SOMA
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 SOMA Vent1 Vsai
6 -Vent2 Vsai
7 Vent3 Vsai
8 Vent4 Vsai
9 FIMCDU
10 (
11 999999

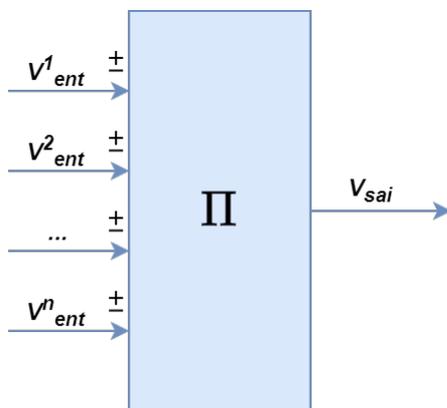
```

## Bloco MULTPL

O bloco MULTPL é utilizado para multiplicar os valores de entrada.

### Características

# Entradas	2 ou mais
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real



**Nota:** O *Bloco MULTPL* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

## Lógica

$$V_{sai} = (\pm V_{ent}^1) \cdot (\pm V_{ent}^2) \cdot \dots \cdot (\pm V_{ent}^n)$$

## Exemplo

Listagem 28.3: Exemplo de Utilização do Bloco MULTPL

```

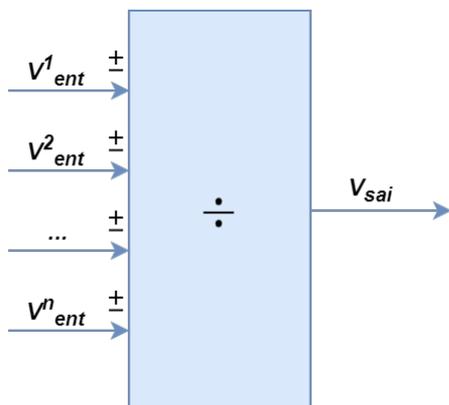
1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_MULTPL
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 MULTPL Vent1 Vsai
6 -Vent2 Vsai
7 Vent3 Vsai
8 FIMCDU
9 (
10 999999
    
```

## Bloco DIVSAO

O bloco DIVSAO é utilizado para dividir os valores de entrada.

## Características

# Entradas	2 ou mais
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real



**Nota:** O *Bloco DIVSAO* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

## Lógica

$$V_{sai} = (\pm V_{ent}^1) \div (\pm V_{ent}^2) \div \dots \div (\pm V_{ent}^n)$$

## Exemplo

Listagem 28.4: Exemplo de Utilização do Bloco DIVSAO

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_DIVSAO
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 15 DIVSAO Vent1 Vsai
6 Vent2 Vsai
7 Vent3 Vsai
8 Vent4 Vsai
9 FIMCDU
10 (
11 999999

```

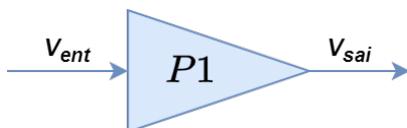
## Bloco GANHO

O bloco GANHO é utilizado para aplicar um ganho ao sinal de entrada, multiplicando-o por uma constante.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
$P1$	Valor do ganho para o sinal de entrada

Valores default	$P_1 = 0$
-----------------	-----------



## Lógica

$$V_{sai} = P_1 \cdot V_{ent}$$

## Exemplo

Listagem 28.5: Exemplo de Utilização do Bloco GANHO

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_GANHO
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 15 GANHO Vent Vsai 2.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FRACAO

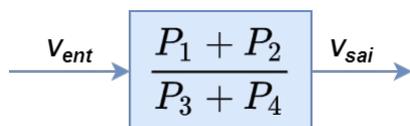
O bloco FRACAO é utilizado para multiplicar o valor de entrada por uma fração constante.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
$P_1$	Primeira parcela do numerador
$P_2$	Segunda parcela do numerador
$P_3$	Primeira parcela do denominador
$P_4$	Segunda parcela do denominador

Valores default	$P_1 = 0, P_2 = 0, P_3 = 0, P_4 = 0$
Restrições	Veja quadro a seguir*

**Aviso:** \* A soma  $P_3 + P_4$  deve ser diferente de zero. Se ambos  $P_3$  e  $P_4$  forem deixados em branco, o ganho do bloco passa a ser apenas  $P_1 + P_2$ .



## Lógica

$V_{sai} = \frac{P_1 + P_2}{P_3 + P_4} \cdot V_{ent}$ ; se  $P_3$  ou  $P_4$  estiverem preenchidos.

$V_{sai} = (P_1 + P_2) \cdot V_{ent}$ ; se ambos  $P_3$  e  $P_4$  não estiverem preenchidos.

## Exemplo

Listagem 28.6: Exemplo de Utilização do Bloco FRACAO

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_FRACAO
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 15 FRACAO Vent Vsai 2.0 1.2 5.0 4.0 = 3.2/9.0
6 16 FRACAO Vent Vsai2 1.0 3.0 = 1.0/3.0
7 17 FRACAO Vent Vsai3 1.0 2.0 = 3.0
8 FIMCDU
9 (
10 999999

```

**Atenção:** Os blocos aritméticos do tipo *SOMA*, *MULTPL* e *DIVSAO* são os únicos que admitem sinais com polaridade invertida como entradas (preenchimento com “-” no campo “s”).

## 28.3.4 Blocos Dinâmicos e Limitadores

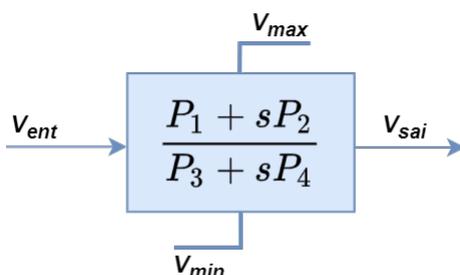
## Bloco ORD(1)

O bloco ORD(1) é utilizado para representar uma função de transferência de primeira ordem. Internamente, o Anatem determina se o bloco assumirá a solução matemática do *Bloco LEDLAG*, *Bloco PROINT*, *Bloco WSHOUT* ou *Bloco GANHO*, em função de valores nulos identificados nos parâmetros  $P1$ ,  $P2$ ,  $P3$  e  $P4$ . O parâmetro  $P4$  pode ser nulo somente se  $P2$  também o for.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
$P1$	Termo independente do numerador
$P2$	Termo de primeira ordem do numerador
$P3$	Termo independente do denominador
$P4$	Termo de primeira ordem do denominador
$Vmin$	Valor limite mínimo para a variável de estado do bloco
$Vmax$	Valor limite máximo para a variável de estado do bloco

Valores default	$P_1 = 0, P_2 = 0, P_3 = 0, P_4 = 0$
Restrições	$P_4 = 0 \rightarrow P_2 = 0$



## Lógica

### Ver também:

Verifique as entradas dos blocos *LEDLAG*, *PROINT*, *WSHOUT* ou *FRACAO* para mais detalhes da lógica de funcionamento.

### Exemplo

Listagem 28.7: Exemplo de Utilização do Bloco ORD1

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_ORD1
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 ORD1 Vent X10 1.0 0.5 0.2 3.0 -5.0 5.0
6 11 LEDLAG Vent X11 1.0 0.5 0.2 3.0 -5.0 5.0
7 (
8 12 ORD1 Vent X12 1.0 0.5 0 3.0 -5.0 5.0
9 13 PROINT Vent X13 1.0 0.5 3.0 -5.0 5.0
10 (
11 14 ORD1 Vent X14 0 0.5 0.2 3.0 -5.0 5.0
12 15 WSHOUT Vent X15 0.5 0.2 3.0 -5.0 5.0
13 FIMCDU
14 (
15 999999

```

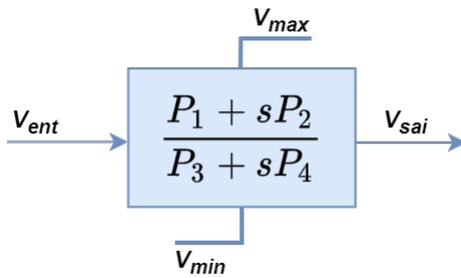
## Bloco LEDLAG

O bloco LEDLAG é utilizado em malhas de controle como um controlador avanço-atraso.

## Características

<b># Entradas</b>	1
<b>Sinal de Entrada</b>	Real
<b>Sinal de Saída</b>	Real
<b>P1</b>	Termo independente do numerador; obrigatório
<b>P2</b>	Termo de primeira ordem do numerador
<b>P3</b>	Termo independente do denominador; obrigatório
<b>P4</b>	Termo de primeira ordem do denominador; obrigatório
<b>Vmin</b>	Valor limite mínimo para a variável de estado do bloco
<b>Vmax</b>	Valor limite máximo para a variável de estado do bloco

<b>Valores default</b>	$P_2 = 0$
<b>Restrições</b>	$P_1 \neq 0, P_3 \neq 0, P_4 \neq 0$



### Lógica

$$Y(s) = \frac{P_1 - \frac{P_2 P_3}{P_4}}{P_3 s P_4} V_{ent}(s)$$

$$\text{com } V_{sai}(t) = \frac{P_2}{P_4} V_{ent}(t) + Y(t)$$

Se  $Y(t) < V_{min}$ , então  $Y(t) = V_{min}$

Se  $Y(t) > V_{max}$ , então  $Y(t) = V_{max}$

### Exemplo

Listagem 28.8: Exemplo de Utilização do Bloco LEDLAG

```

1 DCU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_LEDLAG
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LEDLAG Vent Vsai 2.0 0 1.2 1.0 -5.0 5.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

**Dica:** Utilize o *Bloco ORD(1)* para a modelagem de funções de transferência de primeira ordem mais genéricas.

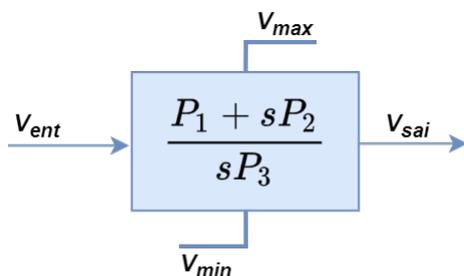
### Bloco PROINT

O bloco PROINT é utilizado para a construção de malhas de controle como um controlador do tipo proporcional-integral.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Ganho da função de transferência; obrigatório
P2	Termo independente do denominador
P3	Termo de primeira ordem do denominador; obrigatório
Vmin	Valor limite mínimo para a variável de estado do bloco
Vmax	Valor limite máximo para a variável de estado do bloco

<b>Valores default</b>	$P_2 = 0$
<b>Restrições</b>	$P_1 \neq 0, P_3 \neq 0$



### Lógica

$$Y(s) = \frac{P_1}{P_3} \frac{1}{s} V_{ent}(s)$$

$$\text{Com } V_{sai}(t) = \frac{P_2}{P_3} V_{ent}(t) + Y(t)$$

Se  $Y(t) < V_{min}$ , então  $Y(t) = V_{min}$

Se  $Y(t) > V_{max}$ , então  $Y(t) = V_{max}$

### Exemplo

Listagem 28.9: Exemplo de Utilização do Bloco PROINT

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_PROINT
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 PROINT Vent Vsai 2.0 0.6 1.8 -2.0 2.5
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

**Dica:** Utilize o *Bloco ORD(1)* para a modelagem de funções de transferência de primeira ordem mais genéricas.

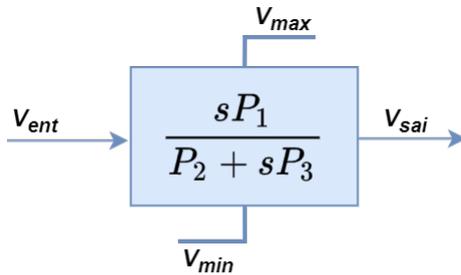
### Bloco WSHOUT

O bloco WSHOUT é utilizado em malhas de controle como um filtro passa-faixa.

### Características

<b># Entradas</b>	1
<b>Sinal de Entrada</b>	Real
<b>Sinal de Saída</b>	Real
<b>P1</b>	Zero de primeira ordem da função de transferência; obrigatório
<b>P2</b>	Termo independente do denominador; obrigatório
<b>P3</b>	Termo de primeira ordem do denominador; obrigatório
$V_{min}$	Valor limite mínimo para a variável de estado do bloco
$V_{max}$	Valor limite máximo para a variável de estado do bloco

Valores default	
Restrições	$P_1 \neq 0, P_2 \neq 0, P_3 \neq 0$



### Lógica

$$Y(s) = \frac{-\frac{P_1 P_2}{P_3}}{P_2 + sP_3} V_{ent}(s)$$

$$\text{com } V_{sai}(t) = \frac{P_1}{P_3} V_{ent}(t) + Y(t)$$

Se  $Y(t) < V_{min}$ , então  $Y(t) = V_{min}$

Se  $Y(t) > V_{max}$ , então  $Y(t) = V_{max}$

### Exemplo

Listagem 28.10: Exemplo de Utilização do Bloco WSHOUT

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_WSHOUT
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 12 WSHOUT Vent Vsai 2.0 2.0 1.2 -2.0 3.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

**Dica:** Utilize o *Bloco ORD(1)* para a modelagem de funções de transferência de primeira ordem mais genéricas.

### Bloco POL(S)

O bloco POL(S) é utilizado em malhas de controle para representar funções de transferência com numerador e denominador formados por polinômios até a terceira ordem.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Primeiro Registro

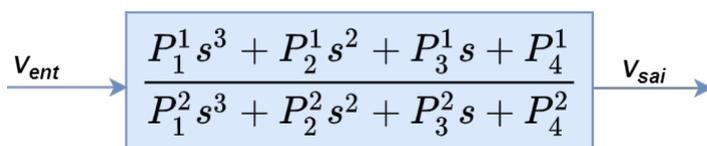
<b>P1</b>	Coefficiente do termo de terceira ordem do polinômio do numerador
<b>P2</b>	Coefficiente do termo de segunda ordem do polinômio do numerador
<b>P3</b>	Coefficiente do termo de primeira ordem do polinômio do numerador
<b>P4</b>	Coefficiente do termo independente do polinômio do numerador

Segundo Registro

<b>P1</b>	Coefficiente do termo de terceira ordem do polinômio do denominador
<b>P2</b>	Coefficiente do termo de segunda ordem do polinômio do denominador
<b>P3</b>	Coefficiente do termo de primeira ordem do polinômio do denominador
<b>P4</b>	Coefficiente do termo independente do polinômio do denominador

<b>Valores default</b>	$P_1^1 = P_2^1 = P_3^1 = P_4^1 = P_1^2 = P_2^2 = P_3^2 = P_4^2 = 0$
<b>Restrições</b>	Veja quadro a seguir*

**Aviso:** \* O denominador deve ter ordem  $\geq 2$  e obrigatoriamente maior ou igual que a ordem do numerador. Ao menos um dos termos independentes ( $P_4$ ) deve ser não nulo.



## Lógica

$$A(t) = V_{ent}(t) - \frac{1}{D_k} \left( \sum_{i=0}^{k-1} D_i X_{i+1}(t) \right)$$

$$X_k(t) = X_k(0) + \int_0^t A(\xi) d\xi$$

$$X_i(t) = X_i(0) + \int_0^t X_{i+1}(\xi) d\xi, \text{ com } i = k - 1, 1$$

$$V_{sai}(t) = \frac{1}{D_k} \left( N_k A(t) + \sum_{i=0}^{k-1} N_i X_{i+1}(t) \right),$$

onde  $k$  é a ordem do denominador e  $x_i$ , com  $i = 1$ , e  $k$  são as variáveis de estado.

## Exemplo

Listagem 28.11: Exemplo de Utilização do Bloco POL(S)

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_POLS
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 POLS Vent Vsai 1.0 2.0
6 Vent Vsai 1.0 1.2 5.0
7 FIMCDU
8 (
9 999999

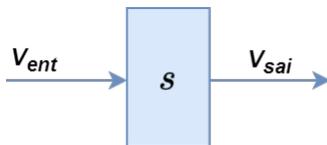
```

## Bloco DERIVA

O bloco DERIVA é utilizado para a avaliação da derivada numérica do sinal de entrada, considerado o passo de integração.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real



## Lógica

Se  $t = 0$ , então  $V_{sai}(t) = 0$

Se  $t \geq 0$ , então  $V_{sai}(t) = \frac{V_{vent}(t) - V_{vent}(t - \Delta t)}{\Delta t}$

## Exemplo

Listagem 28.12: Exemplo de Utilização do Bloco DERIVA

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_DERIVA
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 DERIVA Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

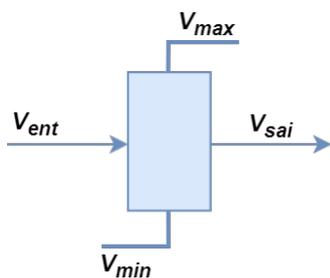
```

## Bloco LIMITA

O bloco LIMITA é utilizado para limitar o sinal de entrada de acordo com os valores mínimo e máximo estabelecidos.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
V <sub>min</sub>	Valor limite mínimo para a variável de entrada
V <sub>max</sub>	Valor limite máximo para a variável de entrada



### Lógica

Se  $V_{ent} < V_{min}$ , então  $V_{sai} = V_{min}$

Se  $V_{min} \leq V_{ent} \leq V_{max}$ , então  $V_{sai} = V_{ent}$

Se,  $V_{ent} > V_{max}$ , então  $V_{sai} = V_{max}$ .

### Exemplo

Listagem 28.13: Exemplo de Utilização do Bloco LIMITA

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_LIMITA
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LIMITA Vent Vsai LMIN LMAX
6 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )o( d2 )
7 DEFVAL LMIN -10.
8 DEFVAL LMAX 10.
9 FIMCDU
10 (
11 999999

```

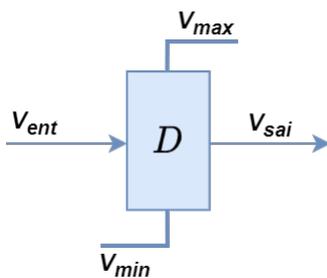
### Bloco RATELM

O bloco RATELM é utilizado para limitar a saída considerando uma variação máxima permitida. Para pequenas perturbações, a saída deverá acompanhar o sinal de entrada. Para sinais de entrada com uma variação grande, o bloco armazenará a diferença da entrada com a saída limitada e continuará a incrementar a saída até que a diferença entre elas seja nula.

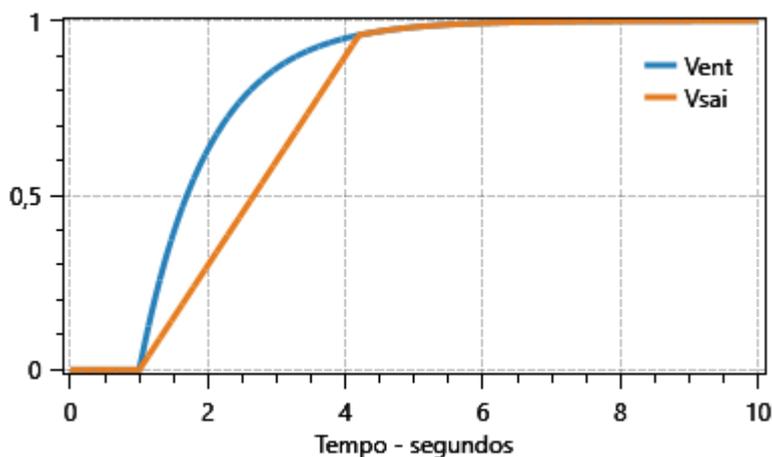
Este bloco pode ser usado, por exemplo, para limitar comandos bruscos de potência na referência de alguns controladores.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
Vmin	Valor limite mínimo para a variável de saída em pu/s
Vmax	Valor limite máximo para a variável de saída em pu/s



### Lógica



Seja  $x(t) = \frac{V_{ent}(t) - V_{sai}(t - \Delta t)}{\Delta t}$

Se  $x(t) > V_{max}$ , então  $V_{sai}(t) = V_{sai}(t - \Delta t) + V_{max} \Delta t$

Se  $V_{min} \leq x(t) \leq V_{max}$ , então  $V_{ent}(t)$ ,

Se  $x(t) < V_{min}$ , então  $V_{sai} = V_{sai}(t - \Delta t) + V_{min} \Delta t$

### Exemplo

Listagem 28.14: Exemplo de Utilização do Bloco RATELM

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_RATELM
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 RATELM Vent Vsai 12.0 12.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999
    
```

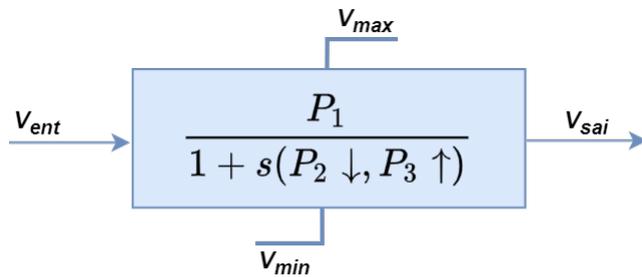
### Bloco LAGNL

O bloco LAGNL é um controlador do tipo atraso, não linear, em que o termo de primeira ordem do denominador depende do sentido de variação da entrada.

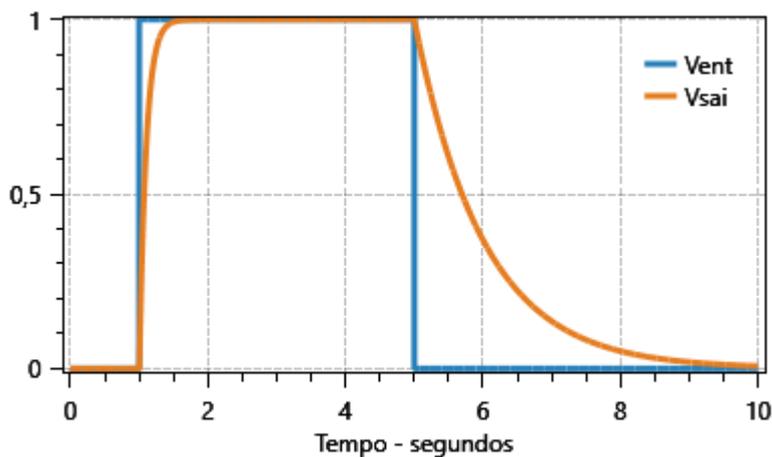
### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Ganho da função de transferência; obrigatório
P2	Termo de primeira ordem do denominador, derivada de entrada negativa; obrigatório
P3	Termo de primeira ordem do denominador, derivada de entrada positiva; obrigatório
Vmin	Valor limite mínimo para a variável de estado
Vmax	Valor limite máximo para a variável de estado

Valores default	
Restrições	$P_1 \neq 0, P_2 \neq 0, P_3 \neq 0$



### Lógica



Sendo  $V_{sai}(s) = \frac{P_1}{1+sT} V_{ent}(s)$

Se  $\frac{dV_{ent}}{dt} < 0$ , então  $T = P_2$

Se  $\frac{dV_{ent}}{dt} > 0$ , então  $T = P_3$

Se  $\frac{dV_{ent}}{dt} = 0$ , então  $T = T(t - \Delta t)$

Se  $V_{sai}(t) < V_{min}$ , então  $V_{sai}(t) = V_{min}$

Se  $V_{sai}(t) > V_{max}$ , então  $V_{sai}(t) = V_{max}$

### Exemplo

Listagem 28.15: Exemplo de Utilização do Bloco LAGNL

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_LAGNL
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LAGNL Vent Vsai 1. 3. 4. 10.0 10.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

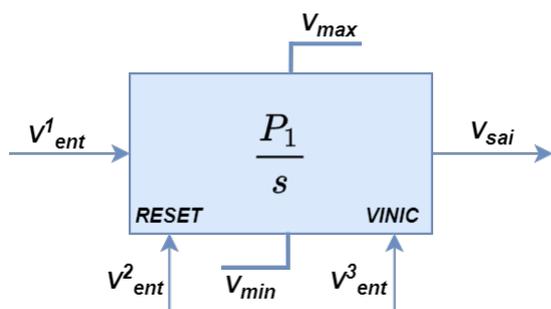
### Bloco INTRES

O bloco INTRES tem a função de “integrador resetável”, utilizado principalmente para a modelagem de temporizadores. Caso a entrada seja uma grandeza diferente de um sinal que marca o passo da simulação, este bloco funciona como um reservatório com capacidade de ser esvaziado instantaneamente quando alguma condição é observada, podendo ser utilizado na modelagem de curvas de tempo inverso, ou então em outras lógicas de proteção em que a “energia” (integral) observada em um sinal sensibilize alguma lógica secundária do controle.

### Características

# Entradas	3 ( #1=Sinal, #2=RESET, #3=VINIC )
Sinal de Entrada	Real, Lógico, Real
Sinal de Saída	Real
PI	Ganho do integrador
Vmin	Valor limite mínimo para a variável de estado
Vmax	Valor limite máximo para a variável de estado

Valores default	$P_1 = 1$
Restrições	$P_1 \neq 0$



### Lógica

Se  $RESET(t) > 0$ , então  $V_{sai}(t) = VINIC(t)$

Senão,  $V_{sai}(t) = V_{sai}(t - \Delta t) + P_1 \int_{t-\Delta t}^t V_{ent}(t) dt$

Se  $V_{sai}(t) < V_{min}$ , então  $V_{sai}(t) = V_{min}$

Se  $V_{sai}(t) > V_{max}$ , então  $V_{sai}(t) = V_{max}$

### Exemplo

Listagem 28.16: Exemplo de Utilização do Bloco INTRES

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_INTRES
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 INTRES      Vent   Vsai  1.9                Vmin  Vmax
6                RESET  Vsai
7                VINIC  Vsai
8 FIMCDU
    
```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

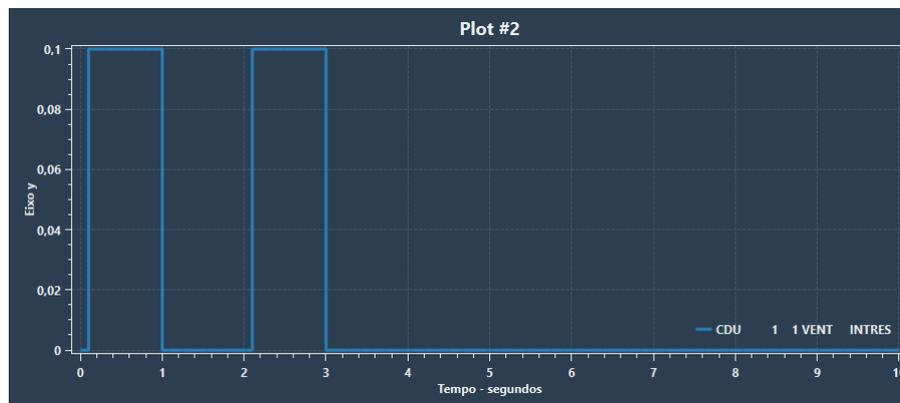
9 (   
10 999999

Fig. 28.1: Exemplo ilustrativo do funcionamento do *Bloco INTRES* mostrando o efeito das variáveis RESET e VINIC sobre a saída do bloco

#### Ver também:

Consulte as seguintes entradas para outros blocos com funções de temporizadores:

- *Bloco DISMIN*
- *Bloco DISMAX*
- *Bloco DLAYON*
- *Bloco DLAYOF*
- *Bloco MONEST*

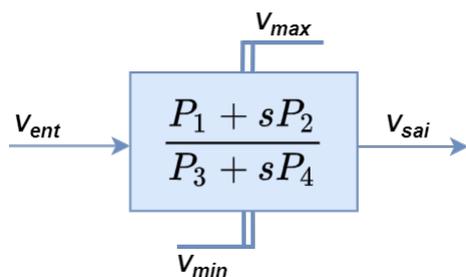
### Bloco LDLAG2

O bloco LDLAG2 é utilizado em malhas de controle como um controlador avanço-atraso, sendo uma variação do *Bloco LEDLAG*. O efeito desse bloco é semelhante à aplicação dos limites “na variável de estado e na saída”, diferentemente do bloco original em que o limite é aplicado somente na variável de estado.

### Características

<b># Entradas</b>	1
<b>Sinal de Entrada</b>	Real
<b>Sinal de Saída</b>	Real
<b>P1</b>	Termo independente do numerador; obrigatório
<b>P2</b>	Termo de primeira ordem do numerador; obrigatório
<b>P3</b>	Termo independente do denominador; obrigatório
<b>P4</b>	Termo de primeira ordem do denominador; obrigatório
<i>Vmin</i>	Valor limite mínimo para a saída e a variável de estado do bloco, opcional
<i>Vmax</i>	Valor limite máximo para a saída e a variável de estado do bloco, opcional

<b>Valores default</b>	
<b>Restrições</b>	$P_1 \neq 0, P_2 \neq 0, P_3 \neq 0, P_4 \neq 0$



### Lógica

$$Y(s) = \frac{P_3 - \frac{P_1 P_4}{P_2}}{P_1 + sP_2} \frac{P_2}{P_4}$$

com  $V_{sai}(t) = \frac{P_2}{P_4} V_{ent}(t) - Y(t)$

Se  $V_{sai} < V_{min}$ , então  $Y(t) = V_{min}$

Se  $V_{sai} > V_{max}$ , então  $Y(t) = V_{max}$

### Exemplo

Listagem 28.17: Exemplo de Utilização do Bloco LDLAG2

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_LDLAG2
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LDLAG2 Vent Vsai 2.0 0.8 1.9 1.0 -2.0 4.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999
    
```

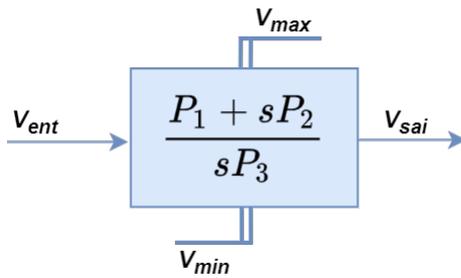
### Bloco PROIN2

O bloco PROIN2 é utilizado para a construção de malhas de controle como um controlador do tipo proporcional-integral, sendo uma variação do *Bloco PROINT*. O efeito desse bloco é semelhante à aplicação dos limites “na variável de estado e na saída”, diferentemente do bloco original em que o limite é aplicado somente na variável de saída.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Termo independente do numerador; obrigatório
P2	Termo de primeira ordem do numerador; obrigatório
P3	Termo de primeira ordem do denominador; obrigatório
Vmin	Valor limite mínimo para a saída e a variável de estado do bloco, opcional
Vmax	Valor limite máximo para a saída e a variável de estado do bloco, opcional

Valores default	
Restrições	$P_1 \neq 0, P_2 \neq 0, P_3 \neq 0$



### Lógica

$$Y(s) = \frac{-\frac{P_1 P_3}{P_2} \frac{P_2}{P_1 + sP_2}}{sP_3}$$

$$\text{Com } V_{sai}(t) = \frac{P_2}{P_3} V_{ent}(t) - Y(t)$$

Se  $Y(t) < V_{min}$ , então  $Y(t) = V_{min}$

Se  $Y(t) > V_{max}$ , então  $Y(t) = V_{max}$

### Exemplo

Listagem 28.18: Exemplo de Utilização do Bloco PROIN2

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_PROIN2
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 PROIN2 Vent Vsai 2.0 0.6 1.8 -2.0 2.5
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

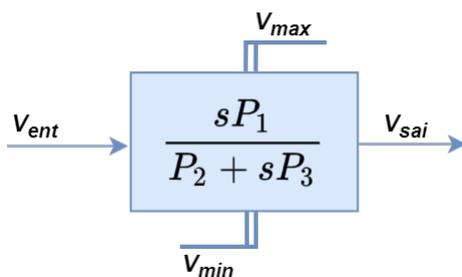
### Bloco WSHOU2

O bloco WSHOU2 é utilizado em malhas de controle como um filtro passa-faixa, sendo uma variação do *Bloco WSHOUT*. O efeito desse bloco é semelhante à aplicação dos limites “na variável de estado e na saída”, diferentemente do bloco original em que o limite é aplicado somente na variável de saída.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Ganho da função de transferência; obrigatório
P2	Termo independente do denominador; obrigatório
P3	Termo de primeira ordem do denominador; obrigatório
Vmin	Valor limite mínimo para a saída e a variável de estado do bloco, opcional
Vmax	Valor limite máximo para a saída e a variável de estado do bloco, opcional

Valores default	
Restrições	$P_1 \neq 0, P_2 \neq 0, P_3 \neq 0$



### Lógica

$$Y(s) = \frac{P_2}{sP_1} \frac{P_1}{P_3}$$

$$\text{com } V_{sai}(t) = \frac{P_1}{P_3} V_{ent}(t) - Y(t)$$

Se  $Y(t) < V_{min}$ , então  $Y(t) = V_{min}$

Se  $Y(t) > V_{max}$ , então  $Y(t) = V_{max}$

### Exemplo

Listagem 28.19: Exemplo de Utilização do Bloco WSHOU2

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_WSHOU2
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 WSHOU2 Vent Vsai 3.0 2.1 2.0 -3.0 3.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

**Atenção:** Blocos dinâmicos e limitadores do tipo *LIMITA* correspondem a limitadores estáticos (“windup”), enquanto blocos dos tipos *LEDLAG*, *WSHOUT*, *PROINT*, *LAGNL* e *INTRES* correspondem a limitadores dinâmicos (na variável de estado) do tipo (“non-windup”). Os limitadores dos blocos *LDLAG2*, *WSHOU2* e *PROIN2* correspondem a superposição dos efeitos.

A cada limite estará sempre associado o nome de uma variável. Se esta variável for saída de algum bloco o valor do limite será alterado durante a simulação, caso contrário permanecerá fixo no valor inicial. O valor inicial de um limite fixo deve ser fornecido através de *DEFVAL*.

## 28.3.5 Blocos de Interface

### Bloco IMPORT

Utilizado para importação dos valores das variáveis da rede. O valor da variável *Vsai* é importado do componente ao qual o *CDU* está conectado, se *PI* for deixado em branco, ou do local remoto definido por *PI*. A localização remota para a importação de variáveis é definida através do código *DLOC*.

**Nota:** Consulte a entrada *Variáveis CDU para IMPORT/EXPORT* para maiores informações sobre os tipos de variáveis disponíveis para importação.

## Características

<b>Sinal de Saída</b>	Real, Inteiro, Lógico (a depender do <i>stip</i> )
<b>stip</b>	Escolher uma dentre as <i>Variáveis CDU para IMPORT/EXPORT</i>
<i>P1</i>	Número de identificação do local remoto de medição, conforme definido no campo <i>Lc</i> do código <i>DLOC</i>
<i>P2</i>	Valor <i>default</i> para a variável de saída, caso o equipamento ou o local remoto referente ao campo <i>P1</i> não exista no caso



## Exemplo

Listagem 28.20: Exemplo de Utilização do Bloco IMPORT

```

1 (=====
2 ( DADOS DE LOCAIS DE MEDICAO
3 (=====
4 DLOC
5 (Lc) (Tipo)( El )( Pa)Nc( Ex)Gr(Bl)
6 110 BARRAC 9950
7 999999
8
9 DCDU
10 (ncdu) ( nome cdu )
11 01 CDU_IMPORT
12 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
13 ( Importa o sinal de um CDU, local remoto 110, barra 9950
14 10 IMPORT VOLT Vsai 110
15 ( Importa o valor 1.0 caso não exista a barra 9950 no caso
16 20 IMPORT VOLT Vsai 110 1.0
17 FIMCDU
18 (
19 999999

```

**Dica:** Utilize as opções *P2D2*, *P2D2 FULL*, *P2D2 NULL* e *P2D2 FULL NULL* com o código *RELA* para a depuração do banco de dados.

## Bloco EXPORT

O valor da variável *Vent* é exportado para o componente ao qual o *CDU* está conectado. Se o local de exportação não existir no caso, este bloco é convertido em um *Bloco SAIDA* automaticamente.

**Nota:** Consulte a seção *Variáveis CDU para IMPORT/EXPORT* para maiores informações sobre os tipos de variáveis disponíveis para exportação.

**Nota:** As *variáveis exportadas que afetam estado operativo de elementos da rede* somente são efetivadas no passo seguinte ao comando.

### Características

<b>Sinal de Entrada</b>	Real, Inteiro, Lógico (a depender do <i>stip</i> )
<b>stip</b>	Escolher uma dentre as <i>Variáveis CDU para IMPORT/EXPORT</i>



### Exemplo

Listagem 28.21: Exemplo de Utilização do Bloco EXPORT

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_EXPORT
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5   10 EXPORT EFD   Vent
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

### Bloco SERIET

Utilizado para importação dos valores das séries temporais. O valor da variável *Vsai* é importado da série de identificador igual ao parâmetro *P1*. Se a série com o identificador igual a *P1* não apresentar valor viável (e.g. quando a série é Regular e o *timestamp* está definido fora do conjunto de dados), o bloco tentará importar o valor da série definida em *P2*. No caso da série em *P2* também não apresentar valor viável, então o bloco utilizará o valor definido em *P3*, como um valor *default* nos mesmos moldes do parâmetro *P2* para o bloco *IMPORT*.

As séries temporais são definidas no código *DSTR*. A identificação da estampa de tempo necessária para localizar, dentro da série, o valor associado é definida pelo código *TIME*. A identificação do cenário a ser avaliado para sinais oriundos da simulação hidrotérmica (SUISHI), é definida pelo código *DSTO*.

Caso o valor do *timestamp* não seja idêntico aos tempos registrados das séries temporais, será utilizado um valor interpolado entre os vizinhos mais próximos, proporcional à distância entre eles. Durante a simulação, a variável *Vsai* se manterá constante, sofrendo alteração, apenas, se por meio de eventos de CDU como *TCDU* ou *RCDU*, tal qual acontece com o *Bloco ENTRAD*.

Este bloco não é passível de ser inicializado por meio de *DEFVAL* e não faz parte da inicialização automática do Anatem.

Por fim, este bloco apresenta a mesma lógica do *Bloco ENTRAD* para efeitos do *Algoritmos para Desligamento de Malha Inativa em CDU*.

**Nota:** Consulte a entrada *Séries Temporais* para maiores informações sobre as definições pertinentes ao uso dessas variáveis.

## Características

<b>Sinal de Saída</b>	Real, Inteiro, Lógico (a depender do <i>stip</i> )
<b>stip</b>	Escolher uma dentre as <i>Variáveis CDU para IMPORT/EXPORT</i>
<b>P1</b>	Número de identificação da série temporal a ser extraído o valor de saída
<b>P2</b>	Número de identificação da série temporal a ser extraído o valor de saída no caso da série em <i>P1</i> não apresentar valor viável
<b>P3</b>	Valor <i>default</i> para a variável de saída, caso a série referente ao campo <i>P2</i> não seja viável



## Exemplo

Listagem 28.22: Exemplo de Utilização do Bloco SERIET

```

1  TIME
2  (YYY/MM/DD hh:mm UTC -HH:MM. Veja o manual para mais formatos)
3  2021/09/16 12:00 UTC -03:00
4
5  DSTR MD01
6  (id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
7  10  Teste_serie_10 10 2 como f=N => y = valor(T)
8  (M DD HH ( valor )
9  02 01 00 200
10 03 01 00 300
11 04 01 00 400.
12 05 01 00 500.
13 06 01 00 600.
14 07 01 00 700.
15 08 01 00 800.
16 09 01 00 900.
17 10 01 00 1000.
18 11 01 00 1100.
19 12 01 00 1200.
20 FIMSTR
21 (id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
22 11  Teste_serie_11 2 10 S como f=S => y = 2*valor(T)+10
23 (M DD HH ( valor )
24 02 01 00 200
25 03 01 00 300
26 04 01 00 400.
27 05 01 00 500.
28 06 01 00 600.
29 07 01 00 700.
30 08 01 00 800.
31 09 01 00 900.
32 10 01 00 1000.
33 11 01 00 1100.
34 12 01 00 1200.
35 FIMSTR
36 999999

```

(continua na próxima página)

```

37
38 DSTR MD02
39 (id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
40 20 Teste_serie_20 10 2
41 (YYY MM DD HH ( valor )
42 2021 01 01 00 11.00
43 2021 06 01 00 12.00
44 2021 12 02 11 20.00
45 FIMSTR
46 (id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
47 21 Teste_serie_21 10 2
48 (YYY MM DD HH ( valor )
49 2020 01 01 00 21.00
50 2020 06 01 00 22.00
51 2020 12 02 11 30.00
52 FIMSTR
53 (id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
54 22 Teste_serie_22 2 10 S
55 (YYY MM DD HH ( valor )
56 2021 01 01 00 11.00
57 2021 06 01 00 12.00
58 2021 12 02 11 20.00
59 FIMSTR
60 999999
61
62 DCDU
63 (ncdu) ( nome cdu )
64 2 TESTE
65 (EFPAR (nome) ( valor )
66 DEFPAR #T1 3.1
67 ( Bloco SERIET tenta achar o valor na serie em P1, depois tenta em P2, depois usa o
↪ valor
68 ( default em P3
69 ( Para efeitos de OTMX e de eventos, SERIET se comporta como ENTRAD.
70 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
71 1 SERIET X1 20 10 #T1 Sinal
↪ definido em 20
72 2 SAIDA X1
73 11 SERIET X2 100 200 #T1 P1 e P2
↪ inexistentes, irá usar P3
74 12 SAIDA X2
75 21 SERIET X3 21 10 #T1 Serie 21
↪ fora do timestamp, usará 10
76 22 SAIDA X3
77 31 SERIET X4 11 #T1 Usará a
↪ transformação y=2x+10 na série MD01
78 32 SAIDA X4
79 41 SERIET X5 22 #T1 Usará a
↪ transformação y=2x+10 na série MD02
80 42 SAIDA X5
81 51 SERIET X6 31 #T1 Usará a
↪ série MD03
82 52 SAIDA X6
83 FIMCDU
84 999999

```

## 28.3.6 Blocos Terminadores

### Bloco ENTRAD

O bloco ENTRAD é utilizado para representar uma constante ou uma referência na malha de controle de *CDUs* e seu valor é calculado automaticamente pelo processo de inicialização ou então manualmente por meio de declaração *DEFVAL*.

A variável de saída do bloco ENTRAD permanecerá constante em toda simulação, com exceção da aplicação dos eventos *TCDU* e *RCDU*.

#### Ver também:

Os blocos do tipo ENTRAD são utilizados na inicialização dos CDUs. Para maiores informações, consulte a entrada *Inicialização de CDUs*.

### Características



### Exemplo

Listagem 28.23: Exemplo de Utilização do Bloco ENTRAD

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_ENTRAD
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5   10  ENTRAD           Vsai
6 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )o( d2 )
7 DEFVAL           Vsai  0.0
8 FIMCDU
9 (
10 999999

```

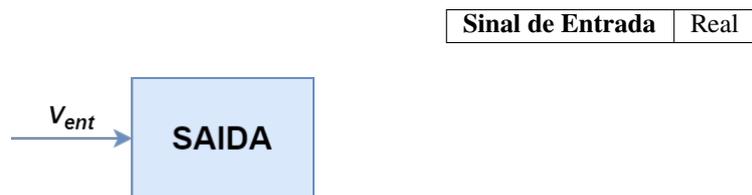
### Bloco SAIDA

O bloco SAIDA é utilizado retornar uma variável da malha de controle de *CDUs* sob a forma de um sinal para monitoramento ou plotagem. O bloco terminador *SAIDA* deve ser conectado nas variáveis que não são entrada de nenhum bloco. A lógica do programa exige que todas as variáveis sejam entrada de algum bloco (limites são considerados como entradas).

#### Ver também:

É possível também plotar variáveis de estado de um CDU com o código *DPLT* através do tipo *CDUE*. Consulte a entrada *Plotagem de CDUs* para mais informações.

## Características



## Exemplo

Listagem 28.24: Exemplo de Utilização do Bloco SAIDA

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_SAIDA
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 SAIDA Vent
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco ALERTA

Bloco terminador para emissão de mensagens. A mensagem com identificador  $P1$  é emitida quando o sinal de entrada transita de Falso (0) para Verdadeiro (1). A mensagem com identificador  $P2$  é emitida quando o sinal de entrada transita de Verdadeiro (1) para Falso (0). É considerado como Verdadeiro todo valor acima de 0.5 e Falso caso contrário. No caso de preenchimento dos parâmetros  $P1$  ou  $P2$  com 0, o programa adotará a mensagem padrão. Caso seja deixado em branco, o *Anatem* não emitirá mensagem para a condição associada. As mensagens definidas nos parâmetros  $P1$  e  $P2$  devem corresponder a mensagens definidas no código *DMSG*.

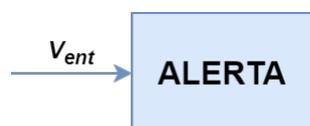
### Ver também:

Consulte a entrada *Mensagens Personalizadas pelo Usuário em CDUs* para mais informações.

## Características

Sinal de Entrada	Lógico
$P1$	Número de identificação da mensagem para transição 0->1, conforme definido no campo <i>Lc</i> do código <i>DMSG</i>
$P2$	Número de identificação da mensagem para transição 1->0, conforme definido no campo <i>Lc</i> do código <i>DMSG</i>

Valores default	
Restrições	Pelo menos um dos parâmetros $P_1$ ou $P_2$ precisa estar preenchido



## Exemplo

Listagem 28.25: Exemplo de Utilização do Bloco ALERTA

```

1 (=====
2 ( DADOS DE MENSAGENS DO USUÁRIO
3 (=====
4 DMSG
5 (Lc) ( Numero da mensagem
6
7 →
8 11 Variável Vent transitou de 0 para 1
9 22 Variável Vent transitou de 1 para 0
10 999999
11 (
12 DCDU
13 (ncdu) ( nome cdu )
14 01 CDU_ALERTA
15 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
16 10 ALERTA Vent 11 22
17 FIMCDU
18 (
19 999999

```

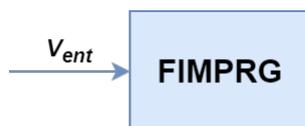
## Bloco FIMPRG

O bloco FIMPRG é utilizado controlar o término antecipado da simulação do programa. Por vezes, é de interesse do usuário abortar uma simulação quando algumas condições são observadas no caso, principalmente quando são realizadas simulações em massa. Este bloco permite que a simulação seja abortada quando a variável de entrada assume valor Verdadeiro (1).

Uma mensagem específica é emitida quando este bloco atua.

## Características

Sinal de Entrada	Lógico
------------------	--------



## Exemplo

Listagem 28.26: Exemplo de Utilização do Bloco FIMPRG

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_FIMPRG
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FIMPRG Vent
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## 28.3.7 Blocos Comparadores

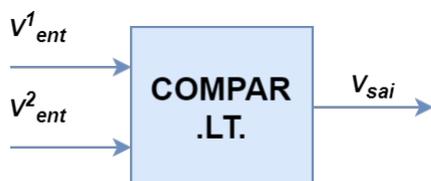
Os blocos comparadores são todos do tipo *COMPAR*, com um dos subtipos a seguir:

### Bloco *COMPAR* Subtipo *.LT.*

O subtipo *.LT.* (menor que) do bloco *COMPAR* é utilizado para comparar dois valores de entrada, retornando como saída o valor 1 (*VERDADEIRO*) caso o valor de entrada  $V_{ent1}$  seja **menor** que o valor de entrada  $V_{ent2}$ .

### Características

# Entradas	2
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco COMPAR Subtipo .LT.* é um *subtipo* de bloco do tipo comparador. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *COMPAR* e o campo *stip* como *.LT.*

**Nota:** O *Bloco COMPAR Subtipo .LT.* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

### Lógica

Se  $V_{ent1} < V_{ent2}$ , então  $V_{sai} = 1$  (*VERDADEIRO*)

Senão,  $V_{sai} = 0$  (*FALSO*)

### Exemplo

Listagem 28.27: Exemplo de Utilização do Bloco *.LT.*

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_LT
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 COMPAR .LT. Vent1 Vsai
6                               Vent2 Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

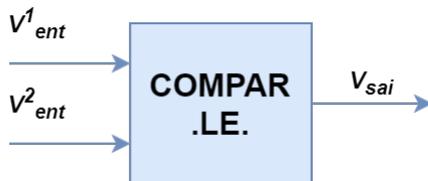
```

## Bloco COMPAR Subtipo .LE.

O subtipo .LE. (menor ou igual a) do bloco COMPAR é utilizado para comparar dois valores de entrada, retornando como saída o valor 1 (*VERDADEIRO*) caso o valor de entrada  $V_{ent1}$  seja **menor ou igual** ao valor de entrada  $V_{ent2}$ , considerada uma tolerância numérica de  $10^{-12}$ .

### Características

# Entradas	2
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco COMPAR Subtipo .LE.* é um *subtipo* de bloco do tipo comparador. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *COMPAR* e o campo *stip* como *.LE.*.

**Nota:** O *Bloco COMPAR Subtipo .LE.* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

### Lógica

Se  $V_{ent1} \leq V_{ent2} + 10^{-12}$ , então  $V_{sai} = 1$  (*VERDADEIRO*)

Senão,  $V_{sai} = 0$  (*FALSO*)

### Exemplo

Listagem 28.28: Exemplo de Utilização do Bloco .LE.

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_LE
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 COMPAR .LE. Vent1 Vsai
6                               Vent2 Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

```

## Bloco COMPAR Subtipo .GT.

O subtipo .GT. (maior que) do bloco COMPAR é utilizado para comparar dois valores de entrada, retornando como saída o valor 1 (*VERDADEIRO*) caso o valor de entrada  $V_{ent_1}$  seja **maior** que valor de entrada  $V_{ent_2}$ .

### Características

# Entradas	2
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco COMPAR Subtipo .GT.* é um *subtipo* de bloco do tipo comparador. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *COMPAR* e o campo *stip* como *.GT.*

**Nota:** O *Bloco COMPAR Subtipo .GT.* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

### Lógica

Se  $V_{ent_1} > V_{ent_2}$ , então  $V_{sai} = 1$  (*VERDADEIRO*)

Senão,  $V_{sai} = 0$  (*FALSO*)

### Exemplo

Listagem 28.29: Exemplo de Utilização do Bloco .GT.

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_GT
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 COMPAR .GT. Vent1 Vsai
6                               Vent2 Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

```

### Bloco COMPAR Subtipo .GE.

O subtipo .GE. (maior ou igual a) do bloco COMPAR é utilizado para comparar dois valores de entrada, retornando como saída o valor 1 (*VERDADEIRO*) caso o valor de entrada  $V_{ent1}$  seja **maior ou igual** ao valor de entrada  $V_{ent2}$ , considerada uma tolerância numérica de  $10^{-12}$ .

### Características

# Entradas	2
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco COMPAR Subtipo .GE.* é um *subtipo* de bloco do tipo comparador. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *COMPAR* e o campo *stip* como *.GE.*.

**Nota:** O *Bloco COMPAR Subtipo .GE.* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

### Lógica

Se  $V_{ent1} \geq V_{ent2} - 10^{-12}$ , então  $V_{sai} = 1$  (*VERDADEIRO*)

Senão,  $V_{sai} = 0$  (*FALSO*)

## Exemplo

Listagem 28.30: Exemplo de Utilização do Bloco .GE.

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_GE
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 COMPAR .GE. Vent1 Vsai
6                               Vent2 Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

```

## Bloco COMPAR Subtipo .EQ.

O subtipo .EQ. (igual a) do bloco COMPAR é utilizado para comparar dois valores de entrada, retornando como saída o valor 1 (*VERDADEIRO*) caso o valor da entrada  $V_{ent1}$  seja **igual** ao valor de entrada  $V_{ent2}$ , considerada uma tolerância numérica de  $10^{-12}$ .

## Características

# Entradas	2
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco COMPAR Subtipo .EQ.* é um *subtipo* de bloco do tipo comparador. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *COMPAR* e o campo *stip* como *.EQ.*.

**Nota:** O *Bloco COMPAR Subtipo .EQ.* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

## Lógica

Se  $|V_{ent1} - V_{ent2}| < 10^{-12}$ , então  $V_{sai} = 1$  (*VERDADEIRO*)

Senão,  $V_{sai} = 0$  (*FALSO*)

## Exemplo

Listagem 28.31: Exemplo de Utilização do Bloco .EQ.

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_EQ
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 COMPAR .EQ. Vent1 Vsai
6                               Vent2 Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

```

## Bloco COMPAR Subtipo .NE.

O subtipo .NE. (diferente de) do bloco COMPAR é utilizado para comparar dois valores de entrada, retornando como saída o valor 1 (*VERDADEIRO*) caso o valor da entrada  $V_{ent1}$  seja **diferente** do valor de entrada  $V_{ent2}$ , considerada uma tolerância numérica de  $10^{-12}$ .

## Características

# Entradas	2
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco COMPAR Subtipo .NE.* é um *subtipo* de bloco do tipo comparador. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *COMPAR* e o campo *stip* como *.NE.*.

**Nota:** O *Bloco COMPAR Subtipo .NE.* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

## Lógica

Se  $|V_{ent1} - V_{ent2}| > 10^{-12}$ , então  $V_{sai} = 1$  (*VERDADEIRO*)

Senão,  $V_{sai} = 0$  (*FALSO*)

## Exemplo

Listagem 28.32: Exemplo de Utilização do Bloco .NE.

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_NE
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5   10 COMPAR   .NE. Vent1 Vsai
6                               Vent2 Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

```

**Nota:** A saída dos blocos comparadores é sempre um valor lógico, isto é, 0 ou 1.

### 28.3.8 Blocos Operadores Lógicos

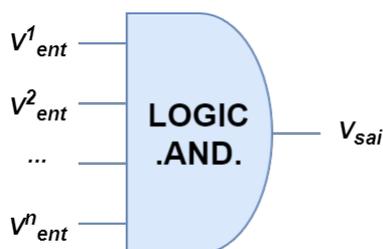
Os blocos operadores lógicos são todos do tipo *LOGIC*, com um dos subtipos a seguir:

#### Bloco LOGIC Subtipo .AND.

O subtipo .AND. do bloco LOGIC é utilizado para verificar se todas as entradas são Verdadeiras (1). É considerada Verdadeira toda entrada com valor maior do que 0. A saída sempre será 0 (Falso) ou 1 (Verdadeiro).

#### Características

# Entradas	2 ou mais
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco LOGIC Subtipo .AND.* é um subtipo de bloco do tipo lógico. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *LOGIC* e o campo *stip* como *.AND.*.

**Nota:** O *Bloco LOGIC Subtipo .AND.* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

## Lógica

$$V_{sai} = V_{ent}^1 \wedge V_{ent}^2 \wedge \dots \wedge V_{ent}^n$$

Os sinais de entrada são interpretados logicamente como:

$$V_{ent} \leq 0 \rightarrow \text{FALSO (0)}$$

$$V_{ent} > 0 \rightarrow \text{VERDADEIRO (1)}$$

## Tabela verdade

Entradas			Saída
$V_{ent}^1$	$V_{ent}^2$	$V_{ent}^3$	$V_{sai}$
0	-	-	<b>0</b>
-	0	-	<b>0</b>
-	-	0	<b>0</b>
1	1	1	<b>1</b>

## Exemplo

Listagem 28.33: Exemplo de Utilização do Bloco .AND.

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_AND
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LOGIC .AND. Vent1 Vsai
6 Vsai
7 Vent2 Vsai
8 Vsai
9 FIMCDU
10 (
11 999999

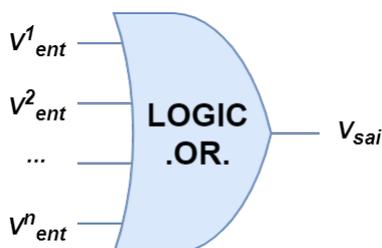
```

## Bloco LOGIC Subtipo .OR.

O subtipo .OR. do bloco LOGIC é utilizado para verificar se alguma das entradas é Verdadeira (1). É considerada Verdadeira toda entrada com valor maior do que 0. A saída sempre será 0 (Falso) ou 1 (Verdadeiro).

## Características

# Entradas	2 ou mais
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco LOGIC Subtipo .OR.* é um *subtipo* de bloco do tipo lógico. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *LOGIC* e o campo *stip* como *OR*.

**Nota:** O *Bloco LOGIC Subtipo .OR.* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

## Lógica

$$V_{sai} = V_{ent}^1 \vee V_{ent}^2 \vee \dots \vee V_{ent}^n$$

Os sinais de entrada são interpretados logicamente como:

$$V_{ent} \leq 0 \rightarrow \text{FALSO (0)}$$

$$V_{ent} > 0 \rightarrow \text{VERDADEIRO (1)}$$

## Tabela verdade

Entradas			Saída
$V_{ent}^1$	$V_{ent}^2$	$V_{ent}^3$	$V_{sai}$
0	0	0	<b>0</b>
1	-	-	<b>1</b>
-	1	-	<b>1</b>
-	-	1	<b>1</b>

## Exemplo

Listagem 28.34: Exemplo de Utilização do Bloco OR

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_OR
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LOGIC .OR. Vent1 Vsai
6 Vent2 Vsai
7 Vent3 Vsai
8 FIMCDU
9 (
10 999999

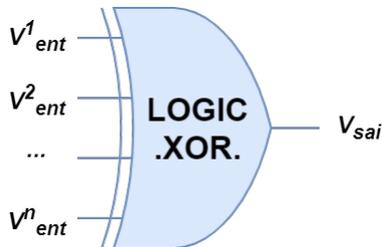
```

## Bloco LOGIC Subtipo .XOR.

O subtipo *.XOR.* do bloco *LOGIC* é utilizado para verificar se apenas uma entrada é Verdadeira (1). É considerada Verdadeira toda entrada com valor maior do que 0. A saída sempre será 0 (Falso) ou 1 (Verdadeiro). A lógica deste bloco se refere a uma operação lógica que também é conhecida como EXOR, EOR ou Exclusive OR.

## Características

# Entradas	2 ou mais
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco LOGIC Subtipo .XOR.* é um *subtipo* de bloco do tipo lógico. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *LOGIC* e o campo *stip* como *XOR*.

**Nota:** O *Bloco LOGIC Subtipo .XOR.* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

## Lógica

$$V_{sai} = \oplus(V_{ent}^1, V_{ent}^2, \dots, V_{ent}^n)$$

O sinal de saída terá o valor lógico *VERDADEIRO* quando uma, e **somente uma**, das entradas tiver valor lógico *VERDADEIRO*.

Os sinais de entrada são interpretados logicamente como:

$$V_{ent} \leq 0 \rightarrow \text{FALSO (0)}$$

$$V_{ent} > 0 \rightarrow \text{VERDADEIRO (1)}$$

**Atenção:** Este operador não é associativo, portanto  $V_{sai} = \oplus(V_{ent}^1, V_{ent}^2, \dots, V_{ent}^n)$  é diferente de  $V_{sai} = \oplus(\oplus(V_{ent}^1, V_{ent}^2), \dots, V_{ent}^n)$ .

**Cuidado:** Existem interpretações alternativas sobre como deve funcionar a lógica XOR para entradas múltiplas. Em outros programas, a lógica pode diferir.

## Tabela verdade

Entradas			Saída
$V_{ent}^1$	$V_{ent}^2$	$V_{ent}^3$	$V_{sai}$
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	1
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	0

## Exemplo

Listagem 28.35: Exemplo de Utilização do Bloco XOR

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_XOR
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LOGIC .XOR. Vent1 Vsai
6           Vent2 Vsai
7           Vent3 Vsai
8 FIMCDU
9 (
10 999999

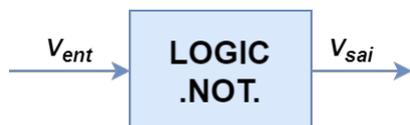
```

## Bloco LOGIC Subtipo .NOT.

O subtipo .NOT. do bloco LOGIC é utilizado para inverter o valor lógico da entrada. É considerada Verdadeira toda entrada com valor maior do que 0. A saída sempre será 0 (Falso) ou 1 (Verdadeiro).

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco LOGIC Subtipo .NOT.* é um *subtipo* de bloco do tipo lógico. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *LOGIC* e o campo *stip* como *NOT*.

## Lógica

$$V_{sai} = \neg V_{ent}.$$

Os sinais de entrada são interpretados logicamente como:

$$V_{ent} \leq 0 \rightarrow \text{FALSO (0)}$$

$$V_{ent} > 0 \rightarrow \text{VERDADEIRO (1)}$$

## Tabela verdade

Entrada	Saída
$V_{ent}$	$V_{sai}$
0	<b>1</b>
1	<b>0</b>

## Exemplo

Listagem 28.36: Exemplo de Utilização do Bloco NOT

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_NOT
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LOGIC .NOT. Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

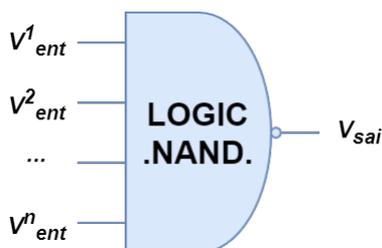
```

## Bloco LOGIC Subtipo .NAND.

O subtipo .NAND. do bloco LOGIC é utilizado para verificar se alguma entrada é Falsa (0). É considerada Verdadeira toda entrada com valor maior do que 0. A saída sempre será 0 (Falso) ou 1 (Verdadeiro).

## Características

# Entradas	2 ou mais
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco LOGIC Subtipo .NAND.* é um *subtipo* de bloco do tipo lógico. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *LOGIC* e o campo *stip* como *NAND*.

**Nota:** O *Bloco LOGIC Subtipo .NAND.* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

## Lógica

$$V_{sai} = \overline{V_{ent}^1 \wedge V_{ent}^2 \wedge \dots \wedge V_{ent}^n}$$

Os sinais de entrada são interpretados logicamente como:

$$V_{ent} \leq 0 \rightarrow \text{FALSO (0)}$$

$$V_{ent} > 0 \rightarrow \text{VERDADEIRO (1)}$$

## Tabela verdade

Entradas			Saída
$V_{ent}^1$	$V_{ent}^2$	$V_{ent}^3$	$V_{sai}$
0	-	-	<b>1</b>
-	0	-	<b>1</b>
-	-	0	<b>1</b>
1	1	1	<b>0</b>

## Exemplo

Listagem 28.37: Exemplo de Utilização do Bloco NAND

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_NAND
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LOGIC .NAND. Vent1 Vsai
6 Vent2 Vsai
7 Vent3 Vsai
8 FIMCDU
9 (
10 999999

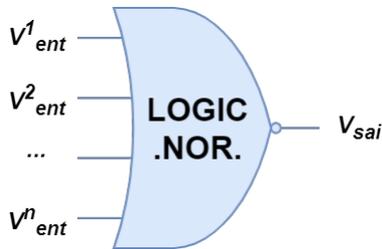
```

## Bloco LOGIC Subtipo .NOR.

O subtipo *.NOR.* do bloco LOGIC é utilizado para verificar todas as entradas são Falsas (0). É considerada Verdadeira toda entrada com valor maior do que 0. A saída sempre será 0 (Falso) ou 1 (Verdadeiro).

## Características

# Entradas	2 ou mais
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco LOGIC Subtipo .NOR.* é um *subtipo* de bloco do tipo lógico. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *LOGIC* e o campo *stip* como *NOR*.

**Nota:** O *Bloco LOGIC Subtipo .NOR.* possui **duas ou mais** entradas. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

## Lógica

$$V_{sai} = \overline{V_{ent}^1 \vee V_{ent}^2 \vee \dots \vee V_{ent}^n}$$

Os sinais de entrada são interpretados logicamente como:

$$V_{ent} \leq 0 \rightarrow \text{FALSO (0)}$$

$$V_{ent} > 0 \rightarrow \text{VERDADEIRO (1)}$$

## Tabela verdade

Entradas			Saída
$V_{ent}^1$	$V_{ent}^2$	$V_{ent}^3$	$V_{sai}$
0	0	0	<b>1</b>
1	-	-	<b>0</b>
-	1	-	<b>0</b>
-	-	1	<b>0</b>

## Exemplo

Listagem 28.38: Exemplo de Utilização do Bloco NOR

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01   CDU_NOR
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LOGIC .NOR. Vent1  Vsai
6                               Vent2  Vsai

```

(continua na próxima página)

7  
8  
9  
10

Vent3 Vsai

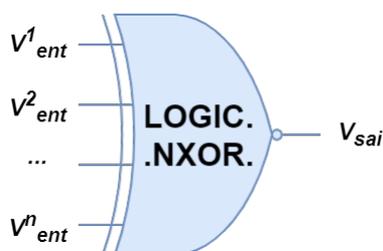
FIMCDU  
(  
999999

### Bloco LOGIC Subtipo .NXOR.

O subtipo .NXOR. do bloco LOGIC é utilizado para verificar quando nenhuma (ou então duas ou mais) entrada é Verdadeira (1). É considerada Verdadeira toda entrada com valor maior do que 0. A saída sempre será 0 (Falso) ou 1 (Verdadeiro). A lógica deste bloco se refere a uma operação lógica que também é conhecida como XNOR, ENOR, EXNOR ou Exclusive NOR.

### Características

# Entradas	2 ou mais
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco LOGIC Subtipo .NXOR.* é um *subtipo* de bloco do tipo lógico. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *LOGIC* e o campo *stip* como *NXOR*.

**Nota:** O *Bloco LOGIC Subtipo .NXOR.* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

### Lógica

$$V_{sai} = \odot(V^1_{ent}, V^2_{ent}, \dots, V^n_{ent})$$

O sinal de saída terá o valor lógico *VERDADEIRO* quando nenhuma ou mais de uma das entradas tiver valor lógico *VERDADEIRO*.

Os sinais de entrada são interpretados logicamente como:

$$V_{ent} \leq 0 \rightarrow \text{FALSO (0)}$$

$$V_{ent} > 0 \rightarrow \text{VERDADEIRO (1)}$$

**Atenção:** Este operador não é associativo, portanto  $V_{sai} = \odot(V^1_{ent}, V^2_{ent}, \dots, V^n_{ent})$  é diferente de  $V_{sai} = \odot(\odot(V^1_{ent}, V^2_{ent}), \dots, V^n_{ent})$ .

**Cuidado:** Existem interpretações alternativas sobre como deve funcionar a lógica NXOR para entradas múltiplas. Em outros programas, a lógica pode diferir.

### Tabela verdade

Entradas			Saída
$V_{ent}^1$	$V_{ent}^2$	$V_{ent}^3$	$V_{sai}$
0	0	0	<b>1</b>
0	0	1	<b>0</b>
0	1	0	<b>0</b>
0	1	1	<b>1</b>
1	0	0	<b>0</b>
1	0	1	<b>1</b>
1	1	0	<b>1</b>
1	1	1	<b>1</b>

### Exemplo

Listagem 28.39: Exemplo de Utilização do Bloco NXOR

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_NXOR
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LOGIC .NXOR. Vent1 Vsai
6 Vent2 Vsai
7 Vent3 Vsai
8 FIMCDU
9 (
10 999999

```

### Bloco LOGIC Subtipo FFLOP1

O subtipo FFLOP1 do bloco LOGIC é utilizado para armazenar um bit de informação (0 ou 1) ao longo do tempo. Este bloco é modelado considerando o flip-flop SR, onde as entradas (RESET e SET) comandam a mudança do valor armazenado. É considerada Verdadeira toda entrada com valor maior do que 0. A saída sempre será 0 (Falso) ou 1 (Verdadeiro).

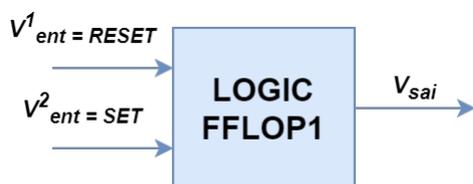
#### Ver também:

Consulte as seguintes variações do Flip-Flop SR:

- *Bloco LOGIC Subtipo FFLOPR*
- *Bloco LOGIC Subtipo FFLOPS*

## Características

# Entradas	2 ( #1 = RESET, #2 = SET )
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco LOGIC Subtipo FFLOP1* é um *subtipo* de bloco do tipo lógico. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *LOGIC* e o campo *stip* como *FFLOP1*.

**Nota:** O *Bloco LOGIC Subtipo FFLOP1* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco. As entradas *RESET* e *SET* correspondem, respectivamente, à primeira e à segunda entrada.

## Lógica

Este bloco corresponde ao circuito lógico chamado *FLIP-FLOP* tipo *SET-RESET*. O valor do sinal de saída é determinado da seguinte forma:

- Se apenas a primeira entrada (dita entrada de *RESET*) tiver valor lógico *VERDADEIRO*, a saída terá valor lógico *FALSO*.
- Se apenas a segunda entrada (dita entrada de *SET*) tiver valor lógico *VERDADEIRO*, a saída terá valor lógico *VERDADEIRO*.
- Se ambas as entradas tiverem o valor lógico *VERDADEIRO* ou *FALSO*, o valor lógico da saída será o mesmo que o do passo de integração anterior.

Os sinais de entrada são interpretados logicamente como:

$$V_{ent} \leq 0 \rightarrow \text{FALSO (0)}$$

$$V_{ent} > 0 \rightarrow \text{VERDADEIRO (1)}$$

## Tabela verdade

Entradas		Saída
$V^1_{ent}$	$V^2_{ent}$	$V_{sai}$
0	0	$V_{sai}(t - \Delta t)$
0	1	<b>1</b>
1	0	<b>0</b>
1	1	$V_{sai}(t - \Delta t)$

## Exemplo

Listagem 28.40: Exemplo de Utilização do Bloco FFLOP1

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01   CDU_FFLOP1
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10  LOGIC  FFLOP1 RESET  Vsai
6                               SET   Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

```

## Bloco LOGIC Subtipo FFLOPR

O subtipo FFLOPR (do bloco LOGIC) é utilizado para armazenar um bit de informação (0 ou 1) ao longo do tempo. Este bloco é modelado considerando o flip-flop SR Reset-dominante, onde as entradas (RESET e SET) comandam a mudança do valor armazenado, havendo predominância do sinal de RESET sobre o sinal de SET. É considerada Verdadeira toda entrada com valor maior do que 0. A saída sempre será 0 (Falso) ou 1 (Verdadeiro).

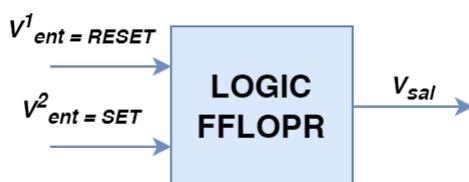
### Ver também:

Consulte as seguintes variações do Flip-Flop SR:

- *Bloco LOGIC Subtipo FFLOP1*
- *Bloco LOGIC Subtipo FFLOPS*

## Características

# Entradas	2 ( #1 = RESET, #2 = SET )
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco LOGIC Subtipo FFLOPR* é um *subtipo* de bloco do tipo lógico. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *LOGIC* e o campo *stip* como *FFLOPR*.

**Nota:** O *Bloco LOGIC Subtipo FFLOPR* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco. As entradas *RESET* e *SET* correspondem, respectivamente, à primeira e à segunda entrada.

## Lógica

Este bloco corresponde ao circuito lógico chamado *FLIP-FLOP* tipo *SET-RESET RESET*-dominante. O valor do sinal de saída é determinado da seguinte forma:

- Se apenas a primeira entrada (dita entrada de *RESET*) tiver valor lógico *VERDADEIRO*, a saída terá valor lógico *FALSO*.
- Se apenas a segunda entrada (dita entrada de *SET*) tiver valor lógico *VERDADEIRO*, a saída terá valor lógico *VERDADEIRO*.
- Se ambas as entradas tiverem o valor lógico *VERDADEIRO*, a saída terá valor lógico *FALSO*.
- Se ambas as entradas tiverem o valor lógico *FALSO*, o valor lógico da saída será o mesmo que o do passo de integração anterior.

Os sinais de entrada são interpretados logicamente como:

$$V_{ent} \leq 0 \rightarrow \text{FALSO (0)}$$

$$V_{ent} > 0 \rightarrow \text{VERDADEIRO (1)}$$

## Tabela verdade

Entradas		Saída
$V_{ent}^1$	$V_{ent}^2$	$V_{sai}$
0	0	$V_{sai}(t - \Delta t)$
0	1	<b>1</b>
1	0	<b>0</b>
1	1	<b>0</b>

## Exemplo

Listagem 28.41: Exemplo de Utilização do Bloco FFLOPR

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_FFLOPR
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LOGIC FFLOPR RESET Vsai
6 SET Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

```

## Bloco LOGIC Subtipo FFLOPS

O subtipo FFLOPS (do bloco LOGIC é utilizado para armazenar um bit de informação (0 ou 1) ao longo do tempo. Este bloco é modelado considerando o flip-flop SR Set-dominante, onde as entradas (RESET e SET) comandam a mudança do valor armazenado, havendo predominância do sinal de SET sobre o sinal de RESET. É considerada Verdadeira toda entrada com valor maior do que 0. A saída sempre será 0 (Falso) ou 1 (Verdadeiro).

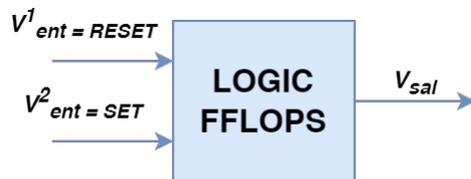
### Ver também:

Consulte as seguintes variações do Flip-Flop SR:

- *Bloco LOGIC Subtipo FFLOP1*
- *Bloco LOGIC Subtipo FFLOPR*

## Características

# Entradas	2 ( #1 = RESET, #2 = SET )
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico



**Aviso:** O *Bloco LOGIC Subtipo FFLOPS* é um *subtipo* de bloco do tipo lógico. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *LOGIC* e o campo *stip* como *FFLOPS*.

**Nota:** O *Bloco LOGIC Subtipo FFLOPS* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco. As entradas *RESET* e *SET* correspondem, respectivamente, à primeira e à segunda entrada.

## Lógica

Este bloco corresponde ao circuito lógico chamado *FLIP-FLOP* tipo *SET-RESET SET-dominante*. O valor do sinal de saída é determinado da seguinte forma:

- Se apenas a primeira entrada (dita entrada de *RESET*) tiver valor lógico *VERDADEIRO*, a saída terá valor lógico *FALSO*.
- Se apenas a segunda entrada (dita entrada de *SET*) tiver valor lógico *VERDADEIRO*, a saída terá valor lógico *VERDADEIRO*.
- Se ambas as entradas tiverem o valor lógico *VERDADEIRO*, a saída terá valor lógico *VERDADEIRO*.
- Se ambas as entradas tiverem o valor lógico *FALSO*, o valor lógico da saída será o mesmo que o do passo de integração anterior.

Os sinais de entrada são interpretados logicamente como:

$$V_{ent} \leq 0 \rightarrow \text{FALSO (0)}$$

$$V_{ent} > 0 \rightarrow \text{VERDADEIRO (1)}$$

## Tabela verdade

Entradas		Saída
$V^1_{ent}$	$V^2_{ent}$	$V_{sai}$
0	0	$V_{sai}(t - \Delta t)$
0	1	<b>1</b>
1	0	<b>0</b>
1	1	<b>1</b>

## Exemplo

Listagem 28.42: Exemplo de Utilização do Bloco FFLOPS

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_FFLOPS
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 LOGIC FFLOPS RESET Vsai
6 SET Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

```

**Nota:** A saída dos blocos comparadores é sempre um valor lógico, isto é, 0 ou 1.

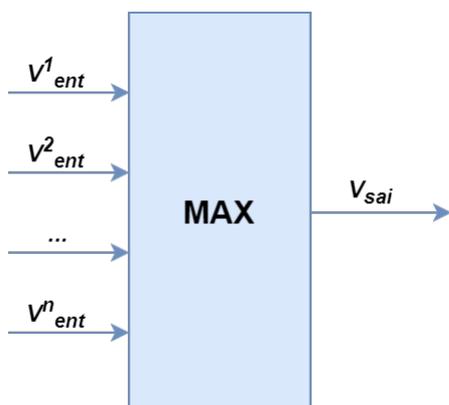
## 28.3.9 Blocos Seletores

## Bloco MAX

O bloco MAX é utilizado para escolher dentre as entradas, aquela com o maior valor.

## Características

# Entradas	2 ou mais
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real



**Nota:** O *Bloco MAX* possui ao menos duas entradas. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco para cada nova entrada adicionada.

## Lógica

$$V_{sai} = \max(V_{ent}^1, V_{ent}^2, \dots, V_{ent}^n).$$

## Exemplo

Listagem 28.43: Exemplo de Utilização do Bloco MAX

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_MAX
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 21 MAX Vent1 Vsai
6 Vent2 Vsai
7 Vent3 Vsai
8 Vent4 Vsai
9 Vent5 Vsai
10 FIMCDU
11 (
12 999999

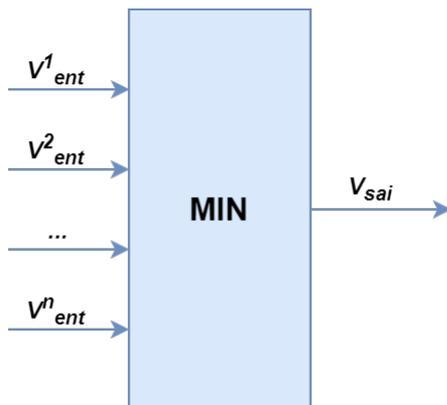
```

## Bloco MIN

O bloco MIN é utilizado para escolher dentre as entradas, aquela com o menor valor.

## Características

# Entradas	2 ou mais
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real



**Nota:** O *Bloco MIN* possui ao menos duas entradas. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco para cada nova entrada adicionada.

### Lógica

$$V_{sai} = \min(V_{ent}^1, V_{ent}^2, \dots, V_{ent}^n).$$

### Exemplo

Listagem 28.44: Exemplo de Utilização do Bloco MIN

```

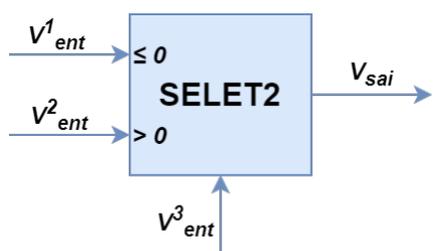
1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_MIN
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 22 MIN Vent1 Vsai
6 Vent2 Vsai
7 Vent3 Vsai
8 Vent4 Vsai
9 Vent5 Vsai
10 FIMCDU
11 (
12 999999
    
```

### Bloco SELET2

O bloco SELET2 é utilizado para escolher dentre duas entradas, sendo a saída controlada pela terceira entrada. A terceira entrada é considerada lógica, para um valor Falso (0), a primeira entrada é escolhida; para um valor Verdadeiro (1), a segunda entrada é escolhida.

### Características

# Entradas	3 ( #1 e #2 = Sinais, #3 = Seletor )
Sinal de Entrada	Real, Real, Lógico
Sinal de Saída	Real



**Nota:** O *Bloco SELET2* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

## Lógica

Se  $V_{ent}^3 \leq 0$ , então  $V_{sai} = V_{ent}^1$ .

Senão,  $V_{sai} = V_{ent}^2$ .

## Exemplo

Listagem 28.45: Exemplo de Utilização do Bloco SELET2

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_SELET2
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 25 SELET2 Vent1 Vsai
6 Vent2 Vsai
7 Vent3 Vsai
8 FIMCDU
9 (
10 999999

```

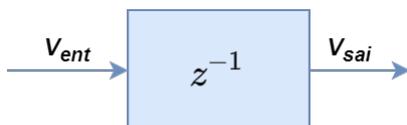
## 28.3.10 Blocos de Atraso

### Bloco DELAY

O bloco DELAY é utilizado para promover o atraso de um sinal em um único *step* de simulação. Esse bloco pode ser utilizado para resolver problemas de solução de laço algébrico em controles. Também pode ser utilizado na modelagem de controles discretos. Para promover atrasos com tempo determinado, utilize o *Bloco ATRASO*.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real



## Lógica

$V_{sai}(t) = V_{ent}(t - \Delta t)$ , onde  $\Delta t$  é o passo de integração.

## Exemplo

Listagem 28.46: Exemplo de Utilização do Bloco DELAY

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_DELAY
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 11 DELAY Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

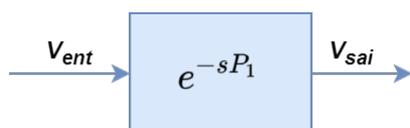
## Bloco ATRASO

O bloco ATRASO é utilizado para promover o atraso de transporte de um sinal. Esse bloco pode ser utilizado modelar a latência de comunicação entre equipamentos ou então a demora para acionamento de certos componentes. Durante a solução de estabilidade, caso o passo de simulação seja alterado, este bloco realizará uma reamostragem dos valores armazenados; estando sujeito às implicações do teorema da amostragem de Nyquist-Shannon. Devido a isso, sinais do tipo pulso (que variam de forma descontínua) não devem ser utilizados como entrada deste bloco. Para sinais contínuos ou contínuos por partes, não existem problemas relacionados ao processo de reamostragem.

**Cuidado:** Não utilize sinais pulsantes como entrada do bloco ATRASO. Caso necessário, utilize blocos acumuladores (*ACUM*, *PROINT*) conectados na entrada e blocos derivativos (*DERIVA*, *SUBIDA*, *BORDAI*) na saída.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real (contínuo ou contínuo por partes)
Sinal de Saída	Real
P1	Tempo de atraso de transporte, em segundos



## Lógica

$$V_{sai}(t) = V_{ent}(t - P_1) *$$

**Nota:** \* Para atrasos ( $P_1$ ) não múltiplos do passo de integração, é realizada interpolação linear com os dois pontos mais próximos do instante de interesse. Para atrasos inferiores ao passo de integração, é realizada interpolação com o valor de memória do instante anterior e com a entrada atual.

## Exemplo

Listagem 28.47: Exemplo de Utilização do Bloco ATRASO

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_ATRASO
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 11 ATRASO          Vent   Vsai   0.1
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

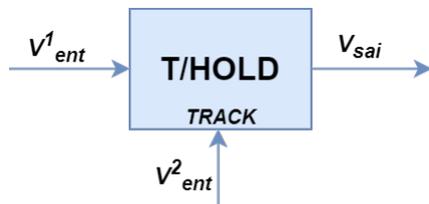
### 28.3.11 Blocos para Amostragem e Temporização

#### Bloco T/HOLD

O bloco T/HOLD é utilizado para congelar a amostragem do sinal de entrada. A entrada auxiliar serve para controlar o processo de amostragem (TRACK). O valor da variável de saída é atualizado sempre a entrada TRACK se encontra no estado Verdadeiro (1).

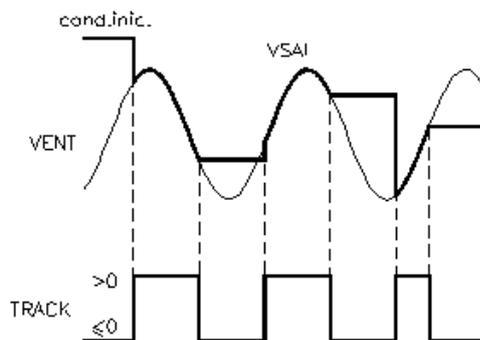
#### Características

# Entradas	2 ( #1=Sinal, #2=TRACK )
Sinal de Entrada	Real, Lógico
Sinal de Saída	Real



**Nota:** O *Bloco T/HOLD* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco. O sinal *TRACK* corresponde à segunda entrada do bloco.

#### Lógica



Se  $TRACK(t) > 0$ , então  $V_{sai}(t) = V_{ent}(t)$

Senão,  $V_{sai}(t) = V_{sai}(t - \Delta t)$  onde  $\Delta t$  é o passo de integração.

### Exemplo

Listagem 28.48: Exemplo de Utilização do Bloco T/HOLD

```

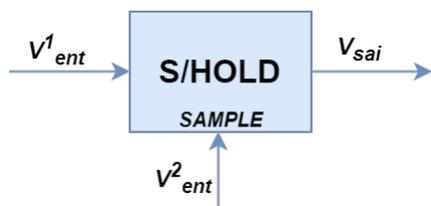
1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_HOLD
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 12 THOLD Vent Vsai
6 TRACK Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999
    
```

### Bloco S/HOLD

O bloco S/HOLD é utilizado para amostrar a partir do sinal de entrada. A entrada auxiliares serve para controlar o processo de amostragem (SAMPLE). O valor da variável de saída é atualizado sempre que é detectada uma borda de subida na entrada SAMPLE.

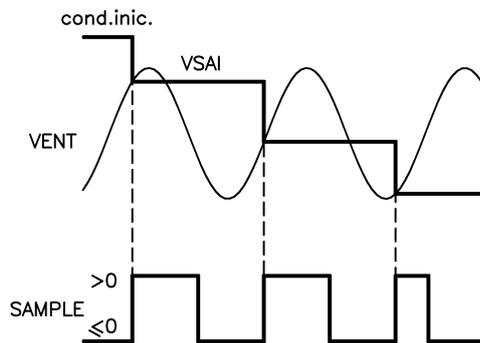
### Características

# Entradas	2 ( #1=Sinal, #2=SAMPLE )
Sinal de Entrada	Real, Lógico
Sinal de Saída	Real



**Nota:** O *Bloco S/HOLD* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco. O sinal *SAMPLE* corresponde à segunda entrada do bloco.

## Lógica



Se  $SAMPLE(t) > 0$  e  $SAMPLE(t - \Delta t) \leq 0$ , então  $V_{sai}(t) = V_{ent}(t)$

Senão,  $V_{sai}(t) = V_{sai}(t - \Delta t)$  onde  $\Delta t$  é o passo de integração.

## Exemplo

Listagem 28.49: Exemplo de Utilização do Bloco S/HOLD

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_HOLD
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 12 SHOLD Vent Vsai
6 SAMPLE Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

```

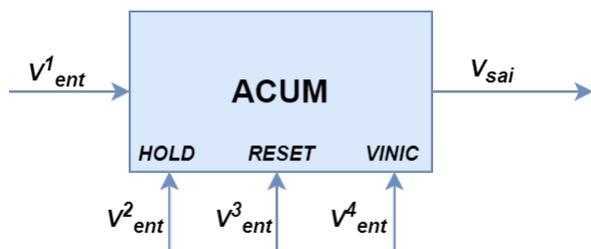
## Bloco ACUM

O bloco ACUM é utilizado para acumular o sinal de entrada em sua memória, a despeito do passo de integração utilizado. As entradas auxiliares servem para controlar o processo de acúmulo (HOLD), e de reinício do processo (RESET e VINIC).

## Características

# Entradas	4 ( #1=Sinal, #2=HOLD, #3=RESET, #4=VINIC )
Sinal de Entrada	Real (#1 e #4), Lógico(#2 e #3)
Sinal de Saída	Real
PI	Ganho do alimentador

Valores default	$P_1 = 1$
Restrições	



**Nota:** O *Bloco ACUM* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco. Os sinais *HOLD*, *RESET* e *VINIC* correspondem respectivamente à segunda, terceira e quarta entradas do bloco.

### Lógica

Se  $RESET(t) > 0$ , então  $V_{sai}(t) = VINIC(t)$

Senão, se  $HOLD(t) > 0$ , então  $V_{sai}(t) = V_{sai}(t - \Delta t)$ ,

Senão,  $V_{sai}(t) = V_{sai}(t - \Delta t) + P_1 V_{ent}(t)$ .

### Exemplo

Listagem 28.50: Exemplo de Utilização do Bloco ACUM

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_ACUM
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 ACUM Vent Vsai 10.0
6 HOLD Vsai
7 RESET Vsai
8 VINIC Vsai
9 FIMCDU
10 (
11 999999
    
```

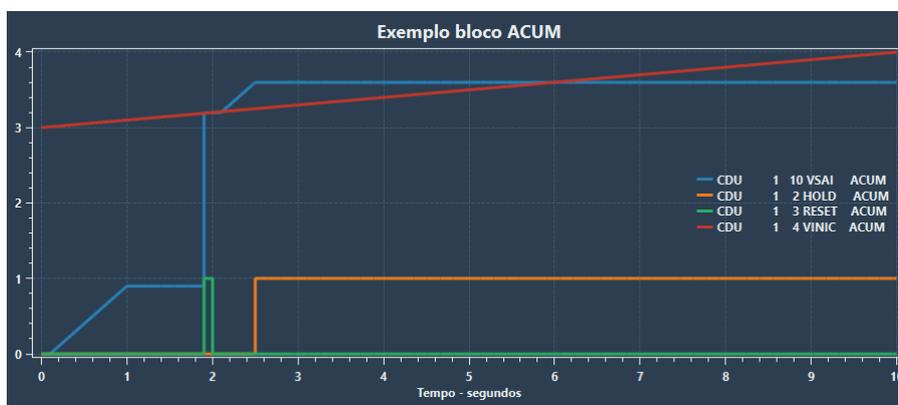


Fig. 28.2: Exemplo ilustrativo do funcionamento do *Bloco ACUM* mostrando o efeito das variáveis *HOLD*, *RESET* e *VINIC* sobre a saída do bloco

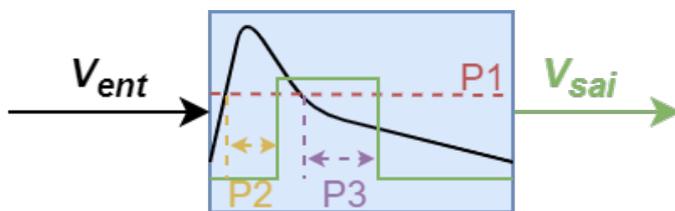
## Bloco DISMAX

O bloco DISMAX é utilizado para comparar o sinal de entrada com um valor de referência fixo ( $P1$ ). A saída passará de Falso (0) para Verdadeiro (1) quando o sinal de entrada for superior à referência ( $P1$ ) por um período de tempo definido ( $P2$ ). Caso a lógica tenha sido sensibilizada e a saída tenha transitado de Falso (0) para Verdadeiro (1), a saída só será alterada de Verdadeiro (1) para Falso (0) se a entrada for inferior ou igual à referência ( $P1$ ) por um período de tempo definido superior ao tempo de persistência ( $P3$ ). Este bloco pode ser usado para a modelagem de relés digitais com tempo fixo.

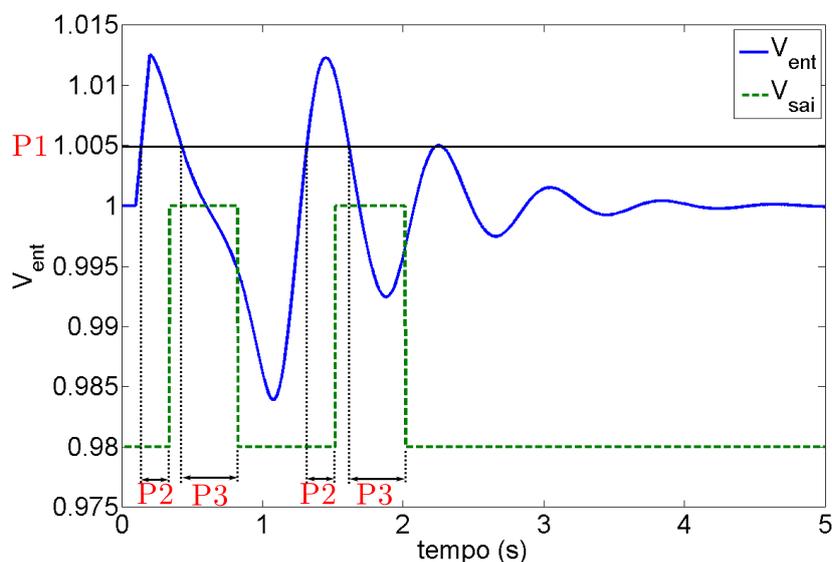
## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Lógico
$P1$	Valor de referência a ser comparado com o sinal de entrada ( $V_{ent} > P1$ )
$P2$	Tempo para ativação, em segundos (a saída assume o estado Verdadeiro após a comparação ser Verdadeira por $P2$ segundos)
$P3$	Tempo de persistência, em segundos (a saída permanece em estado Verdadeiro após a comparação ser Falsa)

Valores default	$P_1 = 0, P_2 = 0, P_3 = 0$
Restrições	$P_2 \geq 0, P_3 \geq 0$



## Lógica



Se  $V_{ent}(t) > P_1$  durante  $P_2$  segundos, então  $V_{sai}(t) = 1$  (verdadeiro)

Senão, se  $V_{ent}(t) < P_1$  por até mais  $P_3$  segundos, então  $V_{sai}(t) = 1$  (verdadeiro)

Senão,  $V_{sai}(t) = 0$  (falso).

### Exemplo

Listagem 28.51: Exemplo de Utilização do Bloco DISMAX

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_DISMAX
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 DISMAX Vent Vsai 5.0 8.0 3.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999
    
```

### Bloco DISMIN

O bloco DISMIN é utilizado para comparar o sinal de entrada com um valor de referência fixo ( $P_1$ ).

A saída passará de Falso (0) para Verdadeiro (1) quando o sinal de entrada for inferior à referência ( $P_1$ ) por um período de tempo definido ( $P_2$ ).

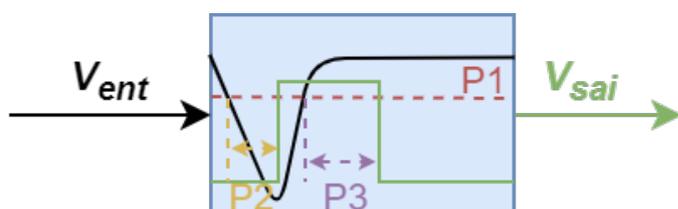
Caso a lógica tenha sido sensibilizada e a saída tenha transitado de Falso (0) para Verdadeiro (1), a saída só será alterada de Verdadeiro (1) para Falso (0) se a entrada for superior ou igual à referência ( $P_1$ ) por um período de tempo definido superior ao tempo de persistência ( $P_3$ ).

Este bloco pode ser usado para a modelagem de relés digitais com tempo fixo.

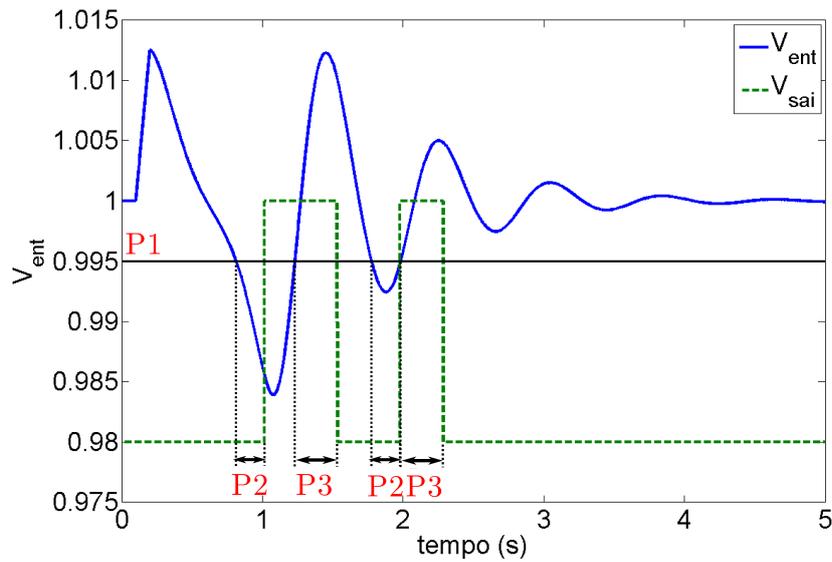
### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Lógico
$P_1$	Valor de referência a ser comparado com o sinal de entrada ( $V_{ent} < P_1$ )
$P_2$	Tempo para ativação, em segundos (a saída assume o estado Verdadeiro após a comparação ser Verdadeira por $P_2$ segundos)
$P_3$	Tempo de persistência, em segundos (a saída permanece em estado Verdadeiro após a comparação ser Falsa)

Valores default	$P_1 = 0, P_2 = 0, P_3 = 0$
Restrições	$P_2 \geq 0, P_3 \geq 0$



## Lógica



Se  $V_{ent}(t) < P_1$  durante  $P_2$  segundos, então  $V_{sai}(t) = 1$  (verdadeiro)

Senão, se  $V_{ent}(t) > P_1$  por até mais  $P_3$  segundos, então  $V_{sai}(t) = 1$  (verdadeiro)

Senão,  $V_{sai}(t) = 0$  (falso).

## Exemplo

Listagem 28.52: Exemplo de Utilização do Bloco DISMIN

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_DISMIN
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 DISMIN Vent Vsai 10.0 5.0 2.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

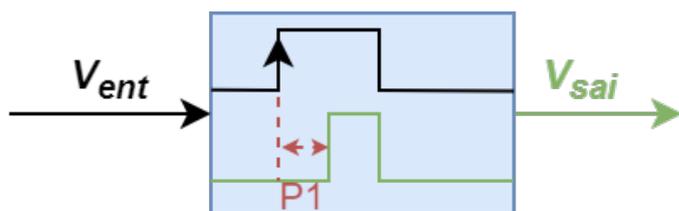
## Bloco DLAYON

O bloco DLAYON é utilizado para adicionar latência na sensibilização de alguma malha lógica. A saída passará de Falso (0) para Verdadeiro (1) quando o sinal de entrada for Verdadeiro (1) por um período de tempo definido (P1). A saída retornará imediatamente para o estado Falso quando a entrada assim o fizer. É considerada Verdadeira a entrada superior ao parâmetro opcional P2. O contator é reiniciado toda vez que a entrada transita para Falso.

### Características

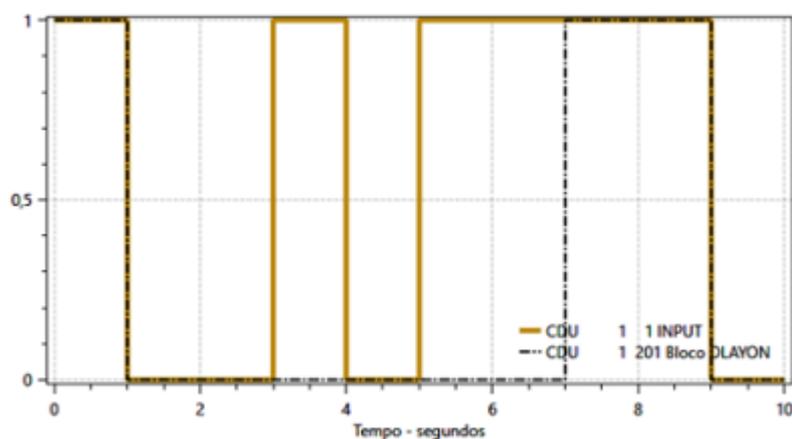
# Entradas	1
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico
P1	Tempo para ativação, em segundos (a saída assume o estado Verdadeiro após a entrada ser Verdadeira por P1 segundos); obrigatório
P2	Valor de referência para o nível lógico Verdadeiro

Valores default	$P_2 = TABS$ (normalmente $1e-7$ )
Restrições	$P_1 > 0, P_2 > 0$



**Dica:** O parâmetro P2 deste bloco serve para proteger a lógica de oscilações numéricas. Não é recomendado a mudança desse valor por parte do usuário.

### Lógica



Se  $V_{ent}(t^*) > P_2, \forall t^* \in [t - P_1, t]$ , então  $V_{sai}(t) = 1$ ,

Senão,  $V_{sai}(t) = 0$ .

## Exemplo

Listagem 28.53: Exemplo de Utilização do Bloco DLAYON

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_DLAYON
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 12 DLAYON      Vent   Vsai   .15 0.1
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

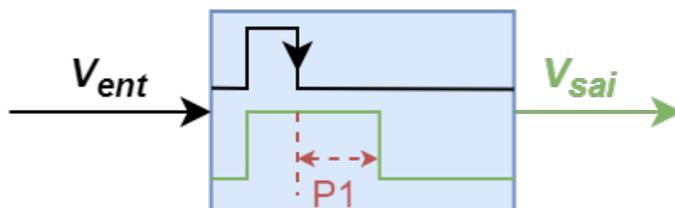
## Bloco DLAYOF

O bloco DLAYOF é utilizado para adicionar latência na sensibilização de alguma malha lógica. A saída passará de Verdadeiro (1) para Falso (0) quando o sinal de entrada for Falso (0) por um período de tempo definido (P1). A saída retornará imediatamente para o estado Verdadeiro quando a entrada assim o fizer. É considerada Verdadeira a entrada superior ao parâmetro opcional P2. O contator é reiniciado toda vez que a entrada transita para Verdadeiro.

## Características

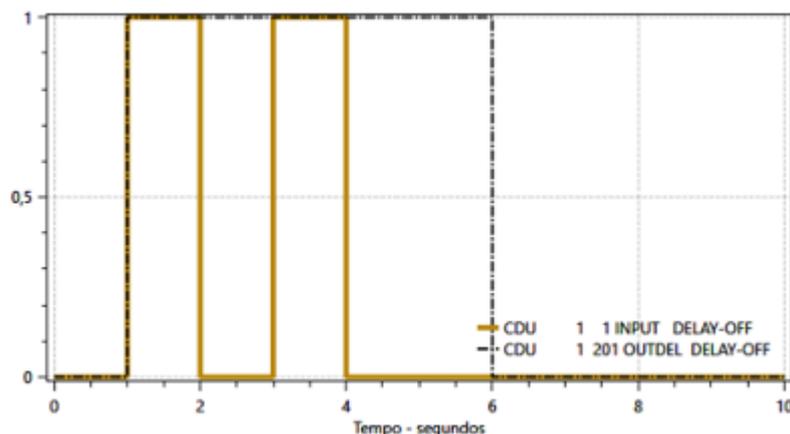
# Entradas	1
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico
P1	Tempo para desativação, em segundos (a saída assume o estado Falso após a entrada ser Falsa por P1 segundos); obrigatório
P2	Valor de referência para o nível lógico Verdadeiro

Valores default	$P_2 = TABS$ (normalmente $1e-7$ )
Restrições	$P_1 > 0, P_2 > 0$



**Dica:** O parâmetro P2 deste bloco serve para proteger a lógica de oscilações numéricas. Não é recomendado a mudança desse valor por parte do usuário.

### Lógica



Se  $V_{ent}(t^*) \leq P_2, \forall t^* \in [t - P_1, t]$ , então  $V_{sai}(t) = 0$ ,  
 Senão,  $V_{sai}(t) = 1$ .

### Exemplo

Listagem 28.54: Exemplo de Utilização do Bloco DLAYOF

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_DLAYOF
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 12 DLAYOF Vent Vsai .15 0.1
6 FIMCDU
7 (
8 999999
    
```

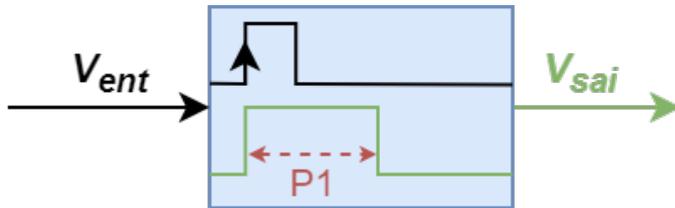
### Bloco MONEST

O bloco MONEST é utilizado modelar a lógica monoestável, oriunda do circuito multivibrador monoestável. Esta lógica apresenta um estado estável Falso (0) e um estado instável Verdadeiro (1). A saída transita de Falso para Verdadeiro ao detectar uma borda de subida na entrada. Após ter sido sensibilizado, a saída permanece por mais P1 segundos no estado Verdadeiro. Múltiplas transições de Falso para Verdadeiro na entrada reexcitam a lógica do bloco, resetando o contador; a permanência da entrada, contudo, não reexcita a lógica do bloco. É considerada Verdadeira a entrada superior ao parâmetro opcional P2.

### Características

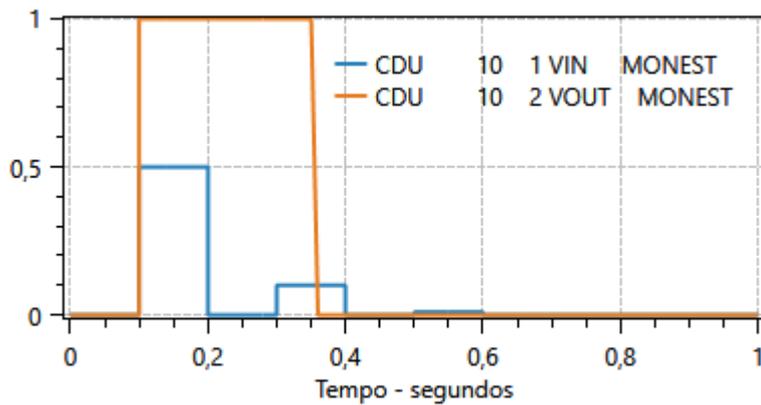
# Entradas	1
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico
P1	Tempo para desativação, em segundos (a saída assume o estado Falso após P1 segundos a detecção da borda de subida da entrada); obrigatório
P2	Valor de referência para o nível lógico Verdadeiro

<b>Valores default</b>	$P_2 = TABS$ (normalmente $1e-6$ )
<b>Restrições</b>	$P_1 > 0, P_2 > 0$



**Dica:** O parâmetro P2 deste bloco serve para proteger a lógica de oscilações numéricas. Não é recomendado a mudança desse valor por parte do usuário.

### Lógica



Se  $\int_{t-P_1}^t \uparrow f(V_{ent}(t)) dt = 0$ , sendo  $\uparrow f(\cdot)$  a função de “detecção de borda de subida” do sinal  $V_{ent}$  com sensibilidade de  $P_2$ , então  $V_{sai}(t) = 0$ ; senão,  $V_{sai}(t) = 1$ .

### Exemplo

Listagem 28.55: Exemplo de Utilização do Bloco MONEST

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_MONEST
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 15 MONEST Vent Vsai 1.0 0.9
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

### 28.3.12 Blocos de Funções Matemáticas

Os blocos de funções matemáticas são todos do tipo *FUNCAO*, com um dos subtipos a seguir:

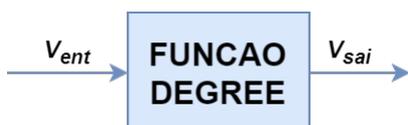
#### Bloco FUNCAO Subtipo DEGREE

O subtipo DEGREE do bloco FUNCAO é utilizado para conversão de um sinal de entrada em radianos em um sinal de saída em graus.

#### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$V_{ent}$ em radianos



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo DEGREE* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *DEGREE*.

#### Lógica

$$V_{sai}(t) = \frac{180}{\pi} V_{ent}$$

## Exemplo

Listagem 28.56: Exemplo de Utilização do Bloco DEGREE

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_DEGREE
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO DEGREE Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo RADIAN

O subtipo RADIAN do bloco FUNCAO é utilizado para conversão de um sinal de entrada em graus em um sinal de saída em radianos.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$V_{ent}$ em graus



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo RADIAN* é um subtipo de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *RADIAN*.

## Lógica

$$V_{sai}(t) = \frac{\pi}{180} V_{ent}$$

## Exemplo

Listagem 28.57: Exemplo de Utilização do Bloco RADIAN

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_RADIAN
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO RADIAN Vent Vsai
6 FIMCDU

```

(continua na próxima página)

7 (

8 999999

### Bloco FUNCAO Subtipo SIN

O subtipo SIN do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo do seno do valor de entrada, em radianos.

#### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$V_{ent}$ em radianos



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo SIN* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *SIN*.

#### Lógica

$$V_{sai}(t) = \sin(V_{ent})$$

#### Exemplo

Listagem 28.58: Exemplo de Utilização do Bloco SIN

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_SIN
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO SIN Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

### Bloco FUNCAO Subtipo COS

O subtipo COS do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo do cosseno do valor de entrada, em radianos.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$V_{ent}$ em radianos



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo COS* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *COS*.

### Lógica

$$V_{sai}(t) = \cos(V_{ent})$$

### Exemplo

Listagem 28.59: Exemplo de Utilização do Bloco COS

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_COS
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO COS Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo TAN

O subtipo TAN do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da tangente do valor de entrada, em radianos.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$V_{ent}$ em radianos



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo TAN* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *TAN*.

### Lógica

$$V_{sai}(t) = \tan(V_{ent})$$

### Exemplo

Listagem 28.60: Exemplo de Utilização do Bloco TAN

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_TAN
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO TAN Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo ACOS

O subtipo ACOS do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da arco cosseno do valor de entrada. O valor de saída encontra-se no primeiro ou segundo quadrantes, em radianos.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$-1 \leq V_{ent} \leq 1; 0 \leq V_{sai} \leq \pi$ , em radianos



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo ACOS* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *ACOS*.

## Lógica

$$V_{sai}(t) = \arccos(V_{ent}), \text{ com } 0 \leq V_{sai} \leq \pi$$

## Exemplo

Listagem 28.61: Exemplo de Utilização do Bloco ACOS

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_ACOS
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO ACOS Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo ASIN

O subtipo ASIN do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da arco seno do valor de entrada. O valor de saída encontra-se no primeiro ou quarto quadrantes, em radianos.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$-1 \leq V_{ent} \leq 1; -\frac{\pi}{2} \leq V_{sai} \leq \frac{\pi}{2}$ , em radianos



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo ASIN* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *ASIN*.

## Lógica

$$V_{sai}(t) = \arcsin(V_{ent}), \text{ com } -\frac{\pi}{2} \leq V_{sai} \leq \frac{\pi}{2}$$

## Exemplo

Listagem 28.62: Exemplo de Utilização do Bloco ASIN

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_ASIN
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO ASIN Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo ATAN

O subtipo ATAN do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da arco tangente do valor de entrada. O valor de saída encontra-se no primeiro ou quarto quadrantes, em radianos.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$-\frac{\pi}{2} \leq V_{sai} \leq \frac{\pi}{2}$ , em radianos



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo ATAN* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *ATAN*.

## Lógica

$$V_{sai}(t) = \arctan(V_{ent}), \text{ com } -\frac{\pi}{2} \leq V_{sai} \leq \frac{\pi}{2}$$

## Exemplo

Listagem 28.63: Exemplo de Utilização do Bloco ATAN

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_ATAN
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO ATAN Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo ATAN2

O subtipo ATAN2 do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da arco tangente de dois argumentos de entrada. O valor de saída encontra-se em qualquer um dos quatro quadrantes, em radianos, a depender dos sinais das variáveis de entrada.

## Características

# Entradas	2
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$-\pi \leq V_{sai} \leq \pi$ , em radianos



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo ATAN2* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *ATAN2*.

**Aviso:** O bloco *PHASE* é recomendado para uso no lugar do *Bloco FUNCAO Subtipo ATAN2* quando discontinuidades no variável de saída são indesejadas.

**Nota:** O *Bloco FUNCAO Subtipo ATAN2* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

## Lógica

$V_{sai}(t) = \arctan 2(V_{ent1}, V_{ent2})$ , com  $-\pi \leq V_{sai} \leq \pi$

Se  $V_{ent}^2 \neq 0$ , então  $V_{sai} = \arctan\left(\frac{V_{ent1}}{V_{ent2}}\right)$ , com  $-\pi \leq V_{sai} \leq \pi$

Se  $V_{ent}^2 = 0$  e  $V_{ent}^1 > 0$ , então  $V_{sai} = \frac{\pi}{2}$

Se  $V_{ent}^2 = 0$  e  $V_{ent}^1 < 0$ , então  $V_{sai} = -\frac{\pi}{2}$

Se  $V_{ent}^1 = V_{ent}^2 = 0$ , então  $V_{sai} = V_{sai}(t - \Delta t)$

## Exemplo

Listagem 28.64: Exemplo de Utilização do Bloco ATAN2

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_ATAN2
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO ATAN2 Vent1 Vsai
6                               Vent2 Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo SIND

O subtipo SIND do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo do seno do valor de entrada, em graus.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$V_{ent}$ em graus



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo SIND* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *SIN*.

## Lógica

$$V_{sai}(t) = \sin(V_{ent})$$

## Exemplo

Listagem 28.65: Exemplo de Utilização do Bloco SIND

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_SIND
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO  SIND  Vent  Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo COSD

O subtipo COS do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo do cosseno do valor de entrada, em graus.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$V_{ent}$ em graus



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo COSD* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *COSD*.

## Lógica

$$V_{sai}(t) = \cos(V_{ent})$$

## Exemplo

Listagem 28.66: Exemplo de Utilização do Bloco COSD

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_COSD
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO COSD Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo TAND

O subtipo TAN do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da tangente do valor de entrada, em graus.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$V_{ent}$ em graus



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo TAND* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *TAND*.

## Lógica

$$V_{sai}(t) = \tan(V_{ent})$$

## Exemplo

Listagem 28.67: Exemplo de Utilização do Bloco TAND

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_TAND
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO TAND Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

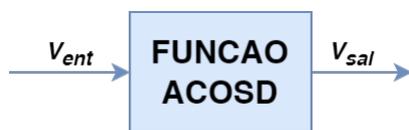
## Bloco FUNCAO Subtipo ACOSD

O subtipo ACOSD do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da arco cosseno do valor de entrada. O valor de saída encontra-se no primeiro ou segundo quadrantes, em graus.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$-1 \leq V_{ent} \leq 1; 0 \leq V_{sai} \leq 180$ , em graus



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo ACOSD* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *ACOSD*.

### Lógica

$$V_{sai}(t) = \arccos(V_{ent}), \text{ com } 0 \leq V_{sai} \leq 180$$

### Exemplo

Listagem 28.68: Exemplo de Utilização do Bloco ACOSD

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_ACOSD
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO ACOSD Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo ASIND

O subtipo ASIND do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da arco seno do valor de entrada. O valor de saída encontra-se no primeiro ou quarto quadrantes, em graus.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$-1 \leq V_{ent} \leq 1$ ; $-90 \leq V_{sai} \leq 90$ , em graus



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo ASIND* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *ASIND*.

## Lógica

$$V_{sai}(t) = \arcsin(V_{ent}), \text{ com } -90 \leq V_{sai} \leq 90$$

## Exemplo

Listagem 28.69: Exemplo de Utilização do Bloco ASIND

```

1 DCU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_ASIND
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO ASIND Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo ATAND

O subtipo ATAND do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da arco tangente do valor de entrada. O valor de saída encontra-se no primeiro ou quarto quadrantes, em graus.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$-90 \leq V_{sai} \leq 90$ , em graus



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo ATAND* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *ATAND*.

### Lógica

$$V_{sai}(t) = \arctan(V_{ent}), \text{ com } -90 \leq V_{sai} \leq 90$$

### Exemplo

Listagem 28.70: Exemplo de Utilização do Bloco ATAND

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_ATAND
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO ATAND Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

### Bloco FUNCAO Subtipo ATAN2D

O subtipo ATAN2D do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da arco tangente de dois argumentos de entrada. O valor de saída encontra-se em qualquer um dos quatro quadrantes, em graus, a depender dos sinais das variáveis de entrada.

### Características

# Entradas	2
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$-180 \leq V_{sai} \leq 180$ , em graus



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo ATAN2D* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *ATAN2D*.

**Aviso:** O bloco *PHASE* é recomendado para uso no lugar do *Bloco FUNCAO Subtipo ATAN2D* quando descontinuidades no variável de saída são indesejadas.

**Nota:** O *Bloco FUNCAO Subtipo ATAN2D* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

### Lógica

$$V_{sai}(t) = \arctan 2(V_{ent1}, V_{ent2}), \text{ com } -180 \leq V_{sai} \leq 180$$

$$\text{Se } V_{ent}^2 \neq 0, \text{ então } V_{sai} = \arctan \left( \frac{V_{ent1}}{V_{ent2}} \right), \text{ com } -180 \leq V_{sai} \leq 180$$

$$\text{Se } V_{ent}^2 = 0 \text{ e } V_{ent}^1 > 0, \text{ então } V_{sai} = 90$$

$$\text{Se } V_{ent}^2 = 0 \text{ e } V_{ent}^1 < 0, \text{ então } V_{sai} = -90$$

$$\text{Se } V_{ent}^1 = V_{ent}^2 = 0, \text{ então } V_{sai} = V_{sai}(t - \Delta t)$$

### Exemplo

Listagem 28.71: Exemplo de Utilização do Bloco ATAN2D

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_ATAN2D
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO ATAN2D Vent1 Vsai
6 Vent2 Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999
    
```

### Bloco FUNCAO Subtipo SQRT

O subtipo SQRT do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da raiz quadrada do valor de entrada, **o qual deve necessariamente ser não negativo.**

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$V_{ent} \geq 0$



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo Sqrt* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *Sqrt*.

## Lógica

$$V_{sai} = \sqrt{V_{ent}}, \text{ com } V_{ent} \geq 0$$

## Exemplo

Listagem 28.72: Exemplo de Utilização do Bloco Sqrt

```

1 DCU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_SQRT
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO Sqrt Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

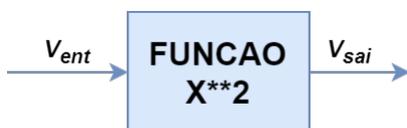
## Bloco FUNCAO Subtipo X\*\*2

O subtipo X\*\*2 do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo do quadrado do valor de entrada.

**Atenção:** Quando a inicialização do bloco *FUNCAO* subtipo *Bloco FUNCAO Subtipo X\*\*2* se faz da saída para a entrada do bloco, esta última assume sempre o valor da raiz quadrada positiva da saída.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo X\*\*2* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *X\*\*2*.

## Lógica

$$V_{sai} = (V_{ent})^2$$

## Exemplo

Listagem 28.73: Exemplo de Utilização do Bloco X\*\*2

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_X**2
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO X**2 Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo HYPOT

O subtipo HYPOT do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da raiz quadrada do somatório do quadrado de suas entradas, ou seja, este subtipo retorna a norma euclidiana entre duas entradas.

## Características

# Entradas	2
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo HYPOT* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *HYPOT*.

## Lógica

$$V_{sai} = \sqrt{V_{ent1}^2 + V_{ent2}^2}$$

## Exemplo

Listagem 28.74: Exemplo de Utilização do Bloco HYPOT

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_HYPOT
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO HYPOT Vent1 Vsai
6                               Vent2 Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo X\*\*K

O subtipo X\*\*K do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo da  $k$ -ésima potência do valor de entrada. O valor da entrada deve necessariamente ser positivo e não nulo.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real (positivo)
Sinal de Saída	Real
P1	Numerador do expoente da potência; obrigatório
P2	Denominador do expoente da potência; obrigatório

Valores default	
Restrições	$V_{ent} \geq 0, P_1 \neq 0, P_2 \neq 0$



**Aviso:** O bloco *FUNCAO Subtipo X\*\*K* é um subtipo de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *X\*\*K*.

## Lógica

$$V_{sai} = (V_{ent})^{\frac{P_1}{P_2}}, \text{ com } V_{ent} \geq 0.$$

## Exemplo

Listagem 28.75: Exemplo de Utilização do Bloco X\*\*K

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_X**K
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO X**K Vent Vsai 1.0 2.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo EXP

O subtipo EXP do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo exponencial de Euler do valor de entrada.

## Características

<b># Entradas</b>	1
<b>Sinal de Entrada</b>	Real
<b>Sinal de Saída</b>	Real
<b>P1</b>	Ganho da função; obrigatório
<b>P2</b>	Parâmetro da função no expoente; obrigatório
<b>P3</b>	Parâmetro da função no expoente; obrigatório

<b>Valores default</b>	
<b>Restrições</b>	$P_2 \neq 0$



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo EXP* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *EXP*.

## Lógica

$$V_{sai} = P_1 e^{P_2(V_{ent} - P_3)}$$

## Exemplo

Listagem 28.76: Exemplo de Utilização do Bloco EXP

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_EXP
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO EXP Vent Vsai 1.0 2.0 1.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo LOG

O subtipo LOG do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo do logaritmo natural do valor de entrada. O valor de entrada deve ser necessariamente positivo e não nulo.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$V_{ent} > 0$



**Aviso:** O bloco *FUNCAO Subtipo LOG* é um subtipo de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *LOG*.

## Lógica

$V_{sai} = \ln(V_{ent})$ , com  $V_{ent} > 0$

## Exemplo

Listagem 28.77: Exemplo de Utilização do Bloco LOG

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_LOG
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 11 FUNCAO LOG Vent Vsai
6 FIMCDU

```

(continua na próxima página)

7 (

8 999999

### Bloco FUNCAO Subtipo LOG10

O subtipo LOG10 do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo do logarítmo na base decimal do valor de entrada. O valor de **entrada deve ser necessariamente positivo e não nulo**.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$V_{ent} > 0$



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo LOG10* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *LOG10*.

### Lógica

$$V_{sai} = \log(V_{ent}), \text{ com } V_{ent} > 0$$

### Exemplo

Listagem 28.78: Exemplo de Utilização do Bloco LOG10

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_LOG10
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 11 FUNCAO LOG10 Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

### Bloco FUNCAO Subtipo INVRS

O subtipo INVRS do bloco FUNCAO é utilizado para o cálculo do inverso do valor de entrada. O valor de **entrada** deve ser necessariamente não nulo.

#### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

Valores default	
Restrições	$V_{ent} \neq 0$



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo INVRS* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *INVRS*.

#### Lógica

$$V_{sai} = \frac{1}{V_{ent}}, \text{ com } V_{ent} \neq 0$$

#### Exemplo

Listagem 28.79: Exemplo de Utilização do Bloco INVRS

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_INVRS
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO INVRS Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

### Bloco FUNCAO Subtipo MENOS

O subtipo MENOS do bloco FUNCAO é utilizado para obter o sinal simétrico ao sinal de entrada.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo MENOS* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *MENOS*.

## Lógica

$$V_{sai}(t) = -V_{ent}(t)$$

## Exemplo

Listagem 28.80: Exemplo de Utilização do Bloco MENOS

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_MENOS
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 15 FUNCAO MENOS Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo ABS

O subtipo ABS do bloco FUNCAO é utilizado para obter o módulo do sinal de entrada.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo ABS* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *ABS*.

## Lógica

$$V_{sai}(t) = |V_{ent}(t)|$$

## Exemplo

Listagem 28.81: Exemplo de Utilização do Bloco ABS

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_ABS
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 15 FUNCAO ABS Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo SINAL

O subtipo SINAL do bloco FUNCAO é utilizado para obter o sinal de saída como um degrau unitário (positivo, negativo ou nulo) a partir do valor do sinal de entrada.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Inteiro



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo SINAL* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *SINAL*.

## Lógica

Se  $V_{ent} < 0$ , então  $V_{sai} = -1$

Se  $V_{ent} = 0$ , então  $V_{sai} = 0$

Se  $V_{ent} > 0$ , então  $V_{sai} = 1$

## Exemplo

Listagem 28.82: Exemplo de Utilização do Bloco SINAL

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_SINAL
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5   10 FUNCAO SINAL Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo TRUNC

O subtipo TRUNC do bloco FUNCAO é utilizado para obter como valor de saída o valor de entrada truncado, isto é, a parte inteira do valor real da entrada.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Ínteiro



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo TRUNC* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *TRUNC*.

## Lógica

$$V_{sai} = INT(V_{ent})$$

## Exemplo

Listagem 28.83: Exemplo de Utilização do Bloco TRUNC

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_TRUNC
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5   10 FUNCAO TRUNC Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo ROUND

O subtipo ROUND do bloco FUNCAO é utilizado para obter o valor arredondado (inteiro mais próximo) do sinal de entrada.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Inteiro



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo ROUND* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *ROUND*.

### Lógica

Se  $V_{sai} > -0.0$ , então  $V_{sai} = INT(V_{ent} + 0.5)$

Senão,  $V_{sai} = INT(V_{ent} - 0.5)$

### Exemplo

Listagem 28.84: Exemplo de Utilização do Bloco ROUND

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_ROUND
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO ROUND Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

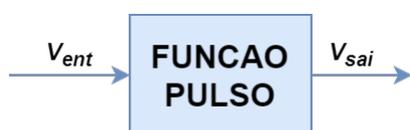
## Bloco FUNCAO Subtipo PULSO

O subtipo PULSO do bloco FUNCAO permite obter um pulso como saída a partir dos parâmetros definidos e da magnitude do valor de entrada.

## Características

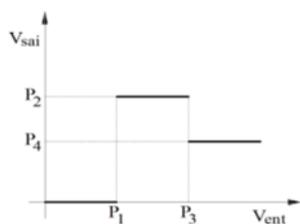
# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Limite à esquerda do pulso. Valores inferiores de entrada implicam em saída nula; obrigatório
P2	Valor típico para a amplitude para a saída, quando a entrada encontra-se entre os limites à esquerda (P1) e à direita (P3) definidos; obrigatório
P3	Limite à direita do pulso. Valores superiores de entrada implicam em saída igual a P4; obrigatório
P4	Valor para a saída quando a entrada supera o limite à direita (P3) definido; obrigatório

Valores default	
Restrições	$P_3 > P_1$



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo PULSO* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *PULSO*.

## Lógica



Se  $V_{ent} \leq P_1$ , então  $V_{sai} = 0$

Se  $P_1 < V_{ent} \leq P_3$ , então  $V_{sai} = P_2$

Se  $V_{ent} > P_3$ , então  $V_{sai} = P_4$

## Exemplo

Listagem 28.85: Exemplo de Utilização do Bloco PULSO

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_PULSO
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO PULSO Vent Vsai 0.2 2.0 0.5 4.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo RAMPA

O subtipo RAMPA do bloco FUNCAO permite obter uma rampa como sinal de saída com amplitude definida a partir dos parâmetros definidos e da magnitude do valor da entrada.

### Características

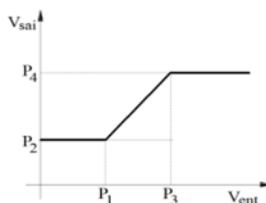
# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Limite à esquerda da rampa para a entrada. Valores inferiores de entrada implicam na saída ser P2; obrigatório
P2	Valor mínimo da amplitude do sinal de saída, caso o valor de entrada seja inferior ao valor mínimo (P1)
P3	Limite à direita da rampa para a entrada. Valores superiores de entrada implicam na saída ser P4; obrigatório
P4	Valor máximo da amplitude do sinal de saída, caso o valor de entrada supere o valor máximo (P3) definido; obrigatório

Valores default	
Restrições	$P_3 > P_1$



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo RAMPA* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *RAMPA*.

### Lógica



Se  $V_{ent} \leq P_1$ , então  $V_{sai} = P_2$

Se  $P_1 < V_{ent} < P_3$ , então  $V_{sai} = P_2 + \frac{P_4 - P_2}{P_3 - P_1} (V_{ent} - P_1)$

Se  $V_{ent} \geq P_3$ , então  $V_{sai} = P_4$

## Exemplo

Listagem 28.86: Exemplo de Utilização do Bloco RAMPA

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_RAMPA
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO RAMPA Vent Vsai 0.2 0.0 0.4 1.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo RETA

O subtipo RETA do bloco FUNCAO permite obter um reta como sinal de saída a partir dos parâmetros definidos para a inclinação e o valor inicial.

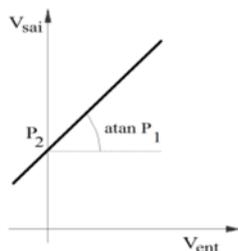
## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Coefficiente angular da reta
P2	Coefficiente linear da reta



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo RETA* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *RETA*.

## Lógica



$$V_{sai} = P_1 V_{vent} + P_2$$

## Exemplo

Listagem 28.87: Exemplo de Utilização do Bloco RETA

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_RETA
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO RETA Vent Vsai .5773 2.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

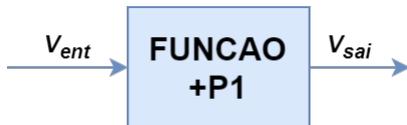
```

## Bloco FUNCAO Subtipo OFFSET

O subtipo OFFSET do bloco FUNCAO utilizado para o cálculo do valor de entrada deslocado em uma constante.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Deslocamento do valor de entrada; obrigatório



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo OFFSET* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *OFFSET*.

## Lógica

$$V_{sai} = V_{ent} + P_1$$

## Exemplo

Listagem 28.88: Exemplo de Utilização do Bloco OFFSET

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_OFFSET
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO OFFSET Vent Vsai 20.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

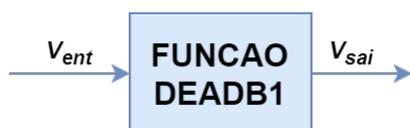
## Bloco FUNCAO Subtipo DEADB1

O subtipo DEADB1 do bloco FUNCAO permite obter como sinal de saída uma característica de reta com diferentes inclinações antes e após uma região de valores nulos (banda morta).

### Características

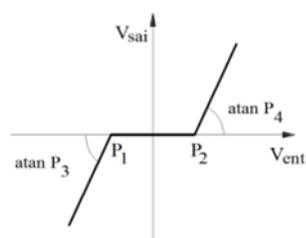
# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Valor limite mínimo sobre o eixo das abscissas para a banda morta; obrigatório
P2	Valor limite máximo sobre o eixo das abscissas para a banda morta; obrigatório
P3	Valor cujo <b>arco tangente</b> corresponde ao ângulo de inclinação da reta até o limite mínimo da banda morta sobre o eixo das abscissas; obrigatório
P4	Valor cujo <b>arco tangente</b> corresponde ao ângulo de inclinação da reta a partir do limite máximo da banda morta sobre o eixo das abscissas; obrigatório

Valores default	
Restrições	$P_2 \geq P_1$



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo DEADB1* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *DEADB1*.

### Lógica



Se  $V_{ent} < P_1$ , então  $V_{sai} = P_3(V_{ent} - P_1)$

Se  $P_1 \leq V_{ent} \leq P_2$ , então  $V_{sai} = 0$  (banda morta)

Se  $V_{ent} > P_2$ , então  $V_{sai} = P_4(V_{ent} - P_2)$

## Exemplo

Listagem 28.89: Exemplo de Utilização do Bloco DEADB1

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_DEADB1
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO DEADB1 Vent Vsai -1.0 1.0 .5773 .5773
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

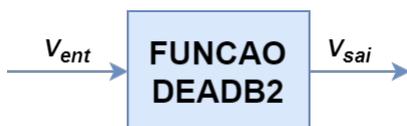
## Bloco FUNCAO Subtipo DEADB2

O subtipo DEADB2 do bloco FUNCAO permite obter como sinal de saída uma característica constante com diferentes magnitudes antes e após uma região de valores nulos (banda morta).

## Características

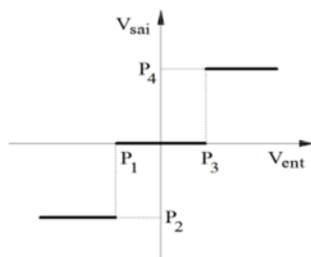
# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Valor limite mínimo para a banda morta; obrigatório
P2	Magnitude para o sinal constante de saída até o limite mínimo para a banda morta; obrigatório
P3	Valor limite máximo para a banda morta; obrigatório
P4	Magnitude para o sinal constante de saída a partir do limite máximo para a banda morta; obrigatório

Valores default	
Restrições	$P_3 \geq P_1$



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo DEADB2* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *DEADB2*.

## Lógica



Se  $V_{ent} < P_1$ , então  $V_{sai} = P_2$

Se  $P_1 \leq V_{ent} \leq P_3$ , então  $V_{sai} = 0$  (banda morta)

Se  $V_{ent} > P_3$ , então  $V_{sai} = P_4$

## Exemplo

Listagem 28.90: Exemplo de Utilização do Bloco DEADB2

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   01   CDU_DEADB2
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO DEADB2 Vent Vsai -1.0 1.0 -5.0 2.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo HISTE1

O subtipo HISTE1 do bloco FUNCAO permite definir uma característica típica de uma curva de histerese, para a qual o sinal de saída apresenta um comportamento dependente do sinal de entrada. A característica é definida como um retângulo cuja diagonal é definida por um par de pontos no plano real,  $(X_1, Y_1)$  e  $(X_2, Y_2)$ . O valor de saída corresponde ao resultado lido sobre a característica construída a partir do valor de entrada, considerando o caminho a ser percorrido, indicado na definição da característica.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real

## Primeiro Registro

<b>P1</b>	Coordenada $X_1$ do início da diagonal para a construção da característica; obrigatório
<b>P2</b>	Coordenada $Y_1$ do início da diagonal para a construção da característica; obrigatório
<b>P3</b>	Parâmetro que indica o caminho que está sendo percorrido sobre a característica em $t = 0$ , sendo preenchido como 1 ou 2; obrigatório

## Segundo Registro

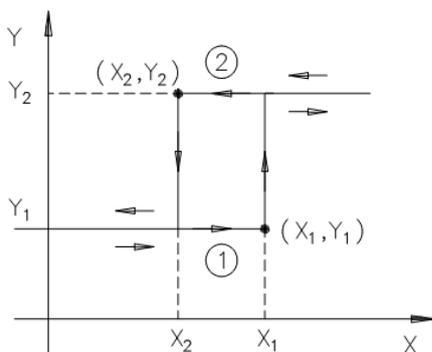
<b>P1</b>	Coordenada $X_2$ do fim da diagonal para a construção da característica; obrigatório
<b>P2</b>	Coordenada $Y_2$ do fim da diagonal para a construção da característica; obrigatório

Valores default	
Restrições	$P_3 = 1 \text{ ou } 2, X_1 \geq X_2$



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo HISTE1* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *HISTE1*.

## Lógica



## Exemplo

Listagem 28.91: Exemplo de Utilização do Bloco HISTE1

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_HISTE1
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO HISTE1 Vent Vsai 4.0 5.0 1
6 2.0 1.0
7 FIMCDU
8 (
9 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo SAT01

O subtipo SAT01 do bloco FUNCAO permite definir uma característica típica de uma curva de saturação, para a qual o sinal de saída apresenta um comportamento dependente do sinal de entrada. A característica é definida como um conjunto de retas com diferentes inclinações a partir das quais, para um dado valor de entrada, é possível determinar o valor de saída aproximado.

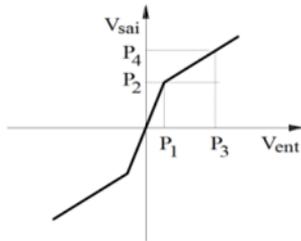
## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Coordenada $X$ para o primeiro ponto da característica
P2	Coordenada $Y$ para o primeiro ponto da característica
P3	Coordenada $X$ para o segundo ponto da característica, sendo <b>necessariamente</b> $P_3 > P_1 > 0$
P4	Coordenada $Y$ para o segundo ponto da característica, sendo <b>necessariamente</b> $P_4 > P_2 > 0$



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo SAT01* é um subtipo de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *SAT01*.

## Lógica



Se  $V_{ent} < -P_1$ , então  $V_{sai} = -P_2 + \frac{P_4 - P_2}{P_3 - P_1}(V_{ent} + P_1)$

Se  $-P_1 \leq V_{ent} \leq P_1$ , então  $V_{sai} = \frac{P_2}{P_1}V_{ent}$

Se  $V_{ent} > P_1$ , então  $V_{sai} = P_2 + \frac{P_4 - P_2}{P_3 - P_1}(V_{ent} - P_1)$

## Exemplo

Listagem 28.92: Exemplo de Utilização do Bloco SAT01

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_SAT01
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FUNCAO SAT01 Vent Vsai 1.0 3.0 2.0 5.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## Bloco FUNCAO Subtipo PONTOS

O subtipo PONTOS do bloco FUNCAO permite interpolar uma curva a partir de um conjunto de pontos definidos. O valor de saída do bloco é lido sobre a curva construída partir do valor de entrada. É necessário definir **ao menos três pontos** para a curva, sendo **necessariamente**  $X_{i+1} > X_i$  e  $Y_{i+1} \neq Y_i$ .

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Coordenada X para o <i>i-ésimo</i> ponto; obrigatório
P2	Coordenada Y para o <i>i-ésimo</i> ponto; obrigatório
P3	Coordenada X para o <i>i+1-ésimo</i> ponto
P4	Coordenada Y para o <i>i+1-ésimo</i> ponto

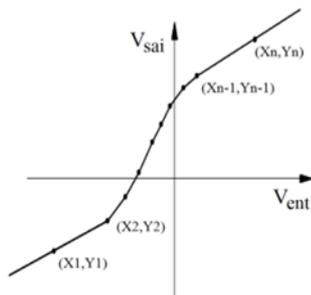
Valores default	
Restrições	Requer o preenchimento de pelo menos 3 pares (X,Y). $X_{i+1} > X_i$ e $Y_{i+1} \neq Y_i$

**Nota:** É possível utilizar os campos P1 e P2 e/ou, analogamente, os pontos P3 e P4 para a definição dos pontos a partir dos quais serão interpolados a curva.



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo PONTOS* é um *subtipo* de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *PONTOS*.

### Lógica



Se  $X_i \leq V_{ent} < X_{i+1}$ , para  $i = 1, n - 1$ , então  $V_{sai} = Y_i + \frac{Y_{i+1} - Y_i}{X_{i+1} - X_i} (V_{ent} - X_i)$

Se  $V_{ent} < X_1$ , então  $V_{sai} = Y_1 + \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} (V_{ent} - X_1)$

Se  $V_{ent} \geq X_n$ , então  $V_{sai} = Y_{n-1} + \frac{Y_n - Y_{n-1}}{X_n - X_{n-1}} (V_{ent} - X_{n-1})$

### Exemplo

Listagem 28.93: Exemplo de Utilização do Bloco PONTOS

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_PONTOS
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 50 FUNCAO PONTOS Vent Vsai 0.00 -.80 0.10 -.778
6 0.25 -.745 0.35 -.723
7 0.40 -.712 0.45 -.701
8 0.50 -.690 0.55 -.679
9 0.60 -.668 0.65 -.657
10 0.70 -.646 0.80 -.624
11 0.90 -.602 1.00 -.580
12 1.10 -.579 1.20 -.578
13 FIMCDU
14 (
15 999999

```

### Bloco FUNCAO Subtipo STEPS

O subtipo STEPS do bloco FUNCAO permite a construção de uma característica em patamares.

#### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Coordenadas $(X, Y)$ para o ponto que define o início do primeiro patamar; obrigatório
P2	Coordenadas $(X, Y)$ para o ponto que define o início do último patamar; obrigatório
P3	Número de níveis acima de primeiro patamar; obrigatório
P4	Parâmetro relativo a constante $\varepsilon$ que define e o erro entre dois patamares consecutivos, sendo $\varepsilon = P_4 \cdot \frac{P_2 - P_1}{P_3}$ ; obrigatório

Valores default	
Restrições	$P_2 > P_1, P_3 > 0, P_4 \geq 0$



**Aviso:** O *Bloco FUNCAO Subtipo STEPS* é um subtipo de bloco do tipo função. Portanto, para utilizá-lo, é necessário preencher o campo *tipo* como *FUNCAO* e o campo *stip* como *STEPS*.



## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Lógico
P1	Valor de referência a partir do qual o relé é sensibilizado; obrigatório
P2	Parâmetro que define o tipo da curva de tempo inverso (os tipos de curva de tempo inverso são detalhadas na tabela abaixo); obrigatório
P3	Dial de tempo ( $TD$ ) da equação de atuação do relé de tempo inverso; obrigatório

A tabela a seguir descreve os tipos de curvas e os parâmetros associados ao bloco CURVA subtipo IEC:

Tipo da Curva		Equação de Sensibilização e de Reset
P2	Descrição	
1	normal inversa	$t_p = TD * \frac{0.14}{M^{0.02}-1}$
2	muito inversa	$t_p = TD * \frac{13.5}{M^1-1}$
3	extremamente inversa	$t_p = TD * \frac{80}{M^2-1}$
4	inversa de tempo longo	$t_p = TD * \frac{120}{M^1-1}$
5	inversa de tempo curto	$t_p = TD * \frac{0.05}{M^{0.04}-1}$

## Lógica

Se  $V_{ent}(t) > P_1$  durante  $t_p$  segundos, então  $V_{sai}(t) = 1$  (verdadeiro)

Senão, se  $V_{ent}(t) < P_1$  por até mais  $t_p$  segundos, então  $V_{sai}(t) = 1$  (verdadeiro)

Senão,  $V_{sai}(t) = 0$  (falso).

## Exemplo

Listagem 28.95: Exemplo de Utilização do Bloco CURVA e Subtipo IEC

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CURVA_IEC
4 (EFPAR (nome) ( valor )
5 DEFPAR #Uref 1.00 Referência
6 DEFPAR #Dial 0.01 Dial de Tempo da Curva IEC
7 DEFPAR #Alfa 0.02 Parâmetro Alfa da Curva IEC
8 DEFPAR #Beta 0.14 Parâmetro Beta da Curva IEC
9 DEFPAR #Tipo 1.
10 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
11 ...
12 10 CURVA IEC Uin Yiec #Uref #Tipo #Dial
13 ...
14 FIMCDU
15 (
16 999999

```

## Bloco CURVA Subtipo IEC2

O subtipo IEC2 do bloco CURVA é utilizado para representação das característica de tempo inverso segundo a norma IEC 60255.

**Aviso:** O subtipo IEC2 considera a mesma equação de sensibilização adotada pelos subtipo IEC. No entanto, ao utilizar o subtipo IEC2, o reset do relé é dado por equação específica com o objetivo de emular o comportamento do relé eletromecânico.

O bloco CURVA subtipo IEC2 compara o sinal de entrada com um valor de referência fixo (P1). A saída passará de Falso (0) para Verdadeiro (1) quando o sinal de entrada for superior à referência por um período de tempo inverso ( $t_p$ ) descrito pela expressão:

$$t_p = TD * \frac{\beta}{M^{\alpha}-1}$$

Sendo:

- TD = Dial de tempo (parâmetro P3)
- $M = \frac{V_{ent}}{P1}$

Caso a lógica de atuação deste bloco seja sensibilizada e a saída tenha transitado de Falso para Verdadeiro, a saída continuará a ser Verdadeira enquanto a entrada permanecer superior ao sinal de referência e voltará a ser Falso imediatamente após o tempo de reset ( $t_r$ ) descrito pela expressão:

$$t_r = TD * \frac{\beta_r}{1-M^{\alpha_r}}$$

Este bloco poderá ser usado para a modelagem de relés de sobrecorrente com lógica de atuação de temporização inversa.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Lógico
P1	Valor de referência a partir do qual o relé é sensibilizado; obrigatório
P2	Parâmetro que define o tipo da curva de tempo inverso (os tipos de curva de tempo inverso são detalhadas na tabela abaixo); obrigatório
P3	Dial de tempo (TD) da equação de atuação do relé de tempo inverso; obrigatório

A tabela a seguir descreve os tipos de curvas e os parâmetros associados ao bloco CURVA subtipo IEC2:

Tipo da Curva		Equação de Sensibilização	Equação de Reset
P2	Descrição		
1	normal inversa	$t_p = TD * \frac{0.14}{M^{0.02}-1}$	$t_r = TD * \frac{13.5}{1-M^2}$
2	muito inversa	$t_p = TD * \frac{13.5}{M^1-1}$	$t_r = TD * \frac{47.3}{1-M^2}$
3	extremamente inversa	$t_p = TD * \frac{80}{M^2-1}$	$t_r = TD * \frac{80}{1-M^2}$
4	inversa de tempo longo	$t_p = TD * \frac{120}{M^1-1}$	$t_r = TD * \frac{120}{1-M}$
5	inversa de tempo curto	$t_p = TD * \frac{0.05}{M^{0.04}-1}$	$t_r = TD * \frac{4.85}{1-M^2}$

## Lógica

Se  $V_{ent}(t) > P_1$  durante  $t_p$  segundos, então  $V_{sai}(t) = 1$  (verdadeiro)

Senão, se  $V_{ent}(t) < P_1$  por até mais  $t_r$  segundos, então  $V_{sai}(t) = 1$  (verdadeiro)

Senão,  $V_{sai}(t) = 0$  (falso).

## Exemplo

Listagem 28.96: Exemplo de Utilização do Bloco CURVA e Subtipo IEC2

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CURVA_IEC2
4 (EFPAR (nome) ( valor )
5 DEFPAR #Uref 1.00 Referência
6 DEFPAR #Dial 0.01 Dial de Tempo da Curva IEC2
7 DEFPAR #Alfa 0.02 Parâmetro Alfa da Curva IEC2
8 DEFPAR #Beta 0.14 Parâmetro Beta da Curva IEC2
9 DEFPAR #Tipo 1.
10 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
11 ...
12 10 CURVA IEC Uin Yiec2 #Uref #Tipo #Dial
13 ...
14 FIMCDU
15 (
16 999999

```

## Bloco CURVA Subtipo IEEE

O subtipo IEEE do bloco CURVA é utilizado para representação das característica de tempo inverso segundo a norma IEEE C37.112.

O bloco CURVA subtipo IEEE compara o sinal de entrada com um valor de referência fixo ( $P_1$ ). A saída passará de Falso (0) para Verdadeiro (1) quando o sinal de entrada for superior à referência por um período de tempo inverso ( $t_p$ ) descrito pela expressão:

$$t_p = TD * \left( k + \frac{\beta}{M^{\alpha-1}} \right)$$

Sendo:

- TD = Dial de tempo (parâmetro P3)
- $M = \frac{V_{ent}}{P_1}$

Caso a lógica de atuação deste bloco seja sensibilizada e a saída tenha transitado de Falso para Verdadeiro, a saída continuará a ser Verdadeira enquanto a entrada permanecer superior ao sinal de referência e voltará a ser Falso imediatamente após o tempo de reset (descrito pela mesma expressão adotada para cálculo da temporização do relé até a sua atuação).

Este bloco poderá ser usado para a modelagem de relés de sobrecorrente com lógica de atuação de temporização inversa.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Lógico
P1	Valor de referência a partir do qual o relé é sensibilizado; obrigatório
P2	Parâmetro que define o tipo da curva de tempo inverso (os tipos de curva de tempo inverso são detalhadas na tabela abaixo); obrigatório
P3	Dial de tempo ( $TD$ ) da equação de atuação do relé de tempo inverso; obrigatório

A tabela a seguir descreve os tipos de curvas e os parâmetros associados ao bloco CURVA subtipo IEEE:

Tipo da Curva		Equação de Sensibilização e Reset
P2	Descrição	
1	normal inversa	$t_p = TD * \left( 0.0226 + \frac{0.0104}{M^{0.02-1}} \right)$
2	muito inversa	$t_p = TD * \left( 0.180 + \frac{5.95}{M^2-1} \right)$
3	extremamente inversa	$t_p = TD * \left( 0.0963 + \frac{3.88}{M^2-1} \right)$
4	inversa de tempo longo	$t_p = TD * \left( 0.0352 + \frac{5.67}{M^2-1} \right)$
5	inversa de tempo curto	$t_p = TD * \left( 0.00262 + \frac{0.00342}{M^{0.02-1}} \right)$

## Lógica

Se  $V_{ent}(t) > P_1$  durante  $t_p$  segundos, então  $V_{sai}(t) = 1$  (verdadeiro)

Senão, se  $V_{ent}(t) < P_1$  por até mais  $t_p$  segundos, então  $V_{sai}(t) = 1$  (verdadeiro)

Senão,  $V_{sai}(t) = 0$  (falso).

## Exemplo

Listagem 28.97: Exemplo de Utilização do Bloco CURVA e Subtipo IEEE

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CURVA_IEEE
4 (EFPAR (nome) ( valor )
5 DEFPAR #Uref 1.00 Referência
6 DEFPAR #Dial 0.01 Dial de Tempo da Curva IEEE
7 DEFPAR #Alfa 0.02 Parâmetro Alfa da Curva IEEE
8 DEFPAR #Beta 0.14 Parâmetro Beta da Curva IEEE
9 DEFPAR #Tipo 1.
10 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
11 ...
12 10 CURVA IEC Uin Yieee #Uref #Tipo #Dial
13 ...
14 FIMCDU
15 (
16 999999

```

## Bloco CURVA Subtipo IIEEE2

O subtipo IIEEE2 do bloco CURVA é utilizado para representação das características de tempo inverso segundo a norma IEEE C37.112.

**Aviso:** O subtipo IIEEE2 considera a mesma equação de sensibilização adotada pelos subtipos IIEEE. No entanto, ao utilizar o subtipo IIEEE2, o reset do relé é dado por equação específica com o objetivo de emular o comportamento do relé eletromecânico.

O bloco CURVA subtipo IIEEE2 compara o sinal de entrada com um valor de referência fixo (P1). A saída passará de Falso (0) para Verdadeiro (1) quando o sinal de entrada for superior à referência por um período de tempo inverso ( $t_p$ ) descrito pela expressão:

$$t_p = TD * \left( k + \frac{\beta}{M^{\alpha}-1} \right)$$

Sendo:

- TD = Dial de tempo (parâmetro P3)
- $M = \frac{V_{ent}}{P1}$

Caso a lógica de atuação deste bloco seja sensibilizada e a saída tenha transitado de Falso para Verdadeiro, a saída continuará a ser Verdadeira enquanto a entrada permanecer superior ao sinal de referência e voltará a ser Falso imediatamente após o tempo de reset ( $t_r$ ) descrito pela expressão:

$$t_r = TD * \frac{\beta_r}{1-M^{\alpha_r}}$$

Este bloco poderá ser usado para a modelagem de relés de sobrecorrente com lógica de atuação de temporização inversa.

## Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Lógico
P1	Valor de referência a partir do qual o relé é sensibilizado; obrigatório
P2	Parâmetro que define o tipo da curva de tempo inverso (os tipos de curva de tempo inverso são detalhadas na tabela abaixo); obrigatório
P3	Dial de tempo (TD) da equação de atuação do relé de tempo inverso; obrigatório

A tabela a seguir descreve os tipos de curvas e os parâmetros  $\alpha$ ,  $\beta$  e  $k$  associados ao bloco CURVA subtipo IIEEE2:

Tipo da Curva		Equação de Sensibilização	Equação de Reset
P2	Descrição		
1	normal inversa	$t_p = TD * \left( 0.0226 + \frac{0.0104}{M^{0.02}-1} \right)$	$t_r = TD * \frac{1.08}{1-M^2}$
2	muito inversa	$t_p = TD * \left( 0.180 + \frac{5.95}{M^2-1} \right)$	$t_r = TD * \frac{5.95}{1-M^2}$
3	extremamente inversa	$t_p = TD * \left( 0.0963 + \frac{3.88}{M^2-1} \right)$	$t_r = TD * \frac{3.88}{1-M^2}$
4	inversa de tempo longo	$t_p = TD * \left( 0.0352 + \frac{5.67}{M^2-1} \right)$	$t_r = TD * \frac{5.67}{1-M^2}$
5	inversa de tempo curto	$t_p = TD * \left( 0.00262 + \frac{0.00342}{M^{0.02}-1} \right)$	$t_r = TD * \frac{0.323}{1-M^2}$

## Lógica

Se  $V_{ent}(t) > P_1$  durante  $t_p$  segundos, então  $V_{sai}(t) = 1$  (verdadeiro)

Senão, se  $V_{ent}(t) < P_1$  por até mais  $t_p$  segundos, então  $V_{sai}(t) = 1$  (verdadeiro)

Senão,  $V_{sai}(t) = 0$  (falso).

## Exemplo

Listagem 28.98: Exemplo de Utilização do Bloco CURVA e Subtipo IEEE2

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CURVA_IEEE2
4 (EFPAR (nome) ( valor )
5 DEFPAR #Uref 1.00 Referência
6 DEFPAR #Dial 0.01 Dial de Tempo da Curva IEEE2
7 DEFPAR #Alfa 0.02 Parâmetro Alfa da Curva IEEE2
8 DEFPAR #Beta 0.14 Parâmetro Beta da Curva IEEE2
9 DEFPAR #Tipo 1.
10 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
11 ...
12 10 CURVA IEC Uin Yieee2 #Uref #Tipo #Dial
13 ...
14 FIMCDU
15 (
16 999999
    
```

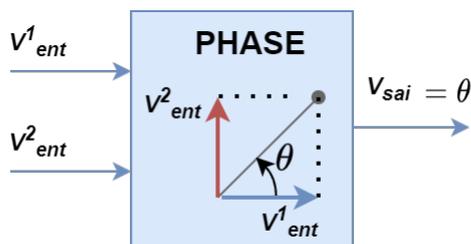
## 28.3.14 Blocos Não Lineares adicionais

### Bloco PHASE

O bloco PHASE é utilizado para o cálculo do ângulo de fase entre duas variáveis de entrada ortogonais sem a ocorrência da descontinuidade observada com o uso do *Bloco FUNCAO Subtipo ATAN2*. O valor de saída, em radianos, inicializa em qualquer um dos quatro quadrantes a depender dos sinais das variáveis de entrada e é incrementado de forma contínua podendo exceder os valores de  $-\pi$  e  $\pi$  durante a simulação.

### Características

# Entradas	2
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
Vmin	Valor limite mínimo para a variável de estado do bloco ( $\Delta t g_{bma}$ )
Vmax	Valor limite máximo para a variável de estado do bloco ( $\Delta t g_{bma}$ )



**Aviso:** O bloco *PHASE* é recomendado para uso no lugar do *Bloco FUNCAO Subtipo ATAN2* quando descon-  
tinuidades no ângulo de fase são indesejadas.

**Nota:** O bloco *PHASE* possui mais de uma entrada. Nesse caso, o campo  $V_{sai}$  (nome da variável de saída) deve  
ser preenchido com o mesmo dado em todos os registros do bloco.

### Lógica

$$V_{sai}(t) = V_{sai}(t - \Delta t) + atan(tg_{lim})$$

$$tg_{lim} = tg_{bma} + \Delta tg_{bma}$$

$$\text{Sendo } \Delta tg_{bma} = tg_{bma}(t) - tg_{bma}(t - \Delta t)$$

$$\text{Se } \Delta tg_{bma} < V_{min}, \text{ então } tg_{bma} = V_{min}$$

$$\text{Se } \Delta tg_{bma} > V_{max}, \text{ então } tg_{bma} = V_{max}$$

$$tg_{bma} = \frac{Vent1(t-\Delta t)*Vent2(t) - Vent2(t-\Delta t)*Vent1(t)}{Vent1(t-\Delta t)*Vent1(t) + Vent2(t-\Delta t)*Vent2(t)}$$

### Exemplo

Listagem 28.99: Exemplo de Utilização do Bloco PHASE

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_PHASE
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 PHASE Vent1 Vsai Vmin Vmax
6 Vent2 Vsai
7 FIMCDU
8 (
9 999999

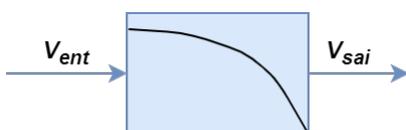
```

### Bloco FEX

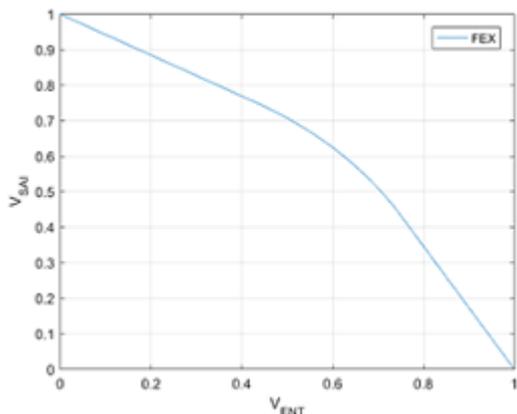
O bloco FEX define uma função particular para modelagem da característica de sistemas de excitação de algumas  
máquinas síncronas.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real



### Lógica



Se  $0,75 \leq V_{ent} \leq 1$ , então  $V_{sai} = \sqrt{3}(1 - V_{ent})$

Se  $\frac{\sqrt{3}}{4} \leq V_{ent} \leq 0,75$ , então  $V_{sai} = \sqrt{0,75 - V_{ent}^2}$

Se  $0 \leq V_{ent} < \frac{\sqrt{3}}{4}$ , então  $V_{sai} = 1 - \frac{1}{\sqrt{3}}V_{ent}$

A função é estendida para todo o domínio dos reais considerando  $V_{sai} = 0$  se  $V_{ent} > 1$  e  $V_{sai} = 1$  se  $V_{ent} < 0$

### Exemplo

Listagem 28.100: Exemplo de Utilização do Bloco FEX

```

1 DCU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_FEX
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 FEX Vent Vsai
6 FIMCDU
7 (
8 999999
    
```

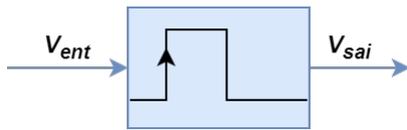
### Bloco SUBIDA

O bloco DESCID permite identificar a variação positiva em um dado um sinal lógico - de Falso (0) para Verdadeiro (1). No instante de tempo em que é identificada esta transição, a saída deste bloco é Verdadeira (1); e Falsa (0), caso contrário. É considerada Verdadeira a entrada superior ao parâmetro opcional P1.

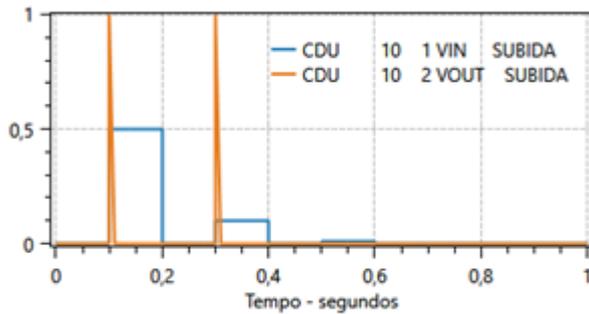
### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico
PI	Tolerância que caracteriza uma variação positiva no sinal de entrada

Valores default	$P_1 = TABS$ (normalmente 1e-6)
Restrições	$P_1 > 0$



### Lógica



Se  $V_{ent} - V_{ent}(t - \Delta t) > P_1$ , então  $V_{sai} = 1$  (*VERDADEIRO*)

Senão,  $V_{sai} = 0$  (*FALSO*)

### Exemplo

Listagem 28.101: Exemplo de Utilização do Bloco SUBIDA

```

1 DCU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_SUBIDA
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 SUBIDA Vent Vsai 0.01
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

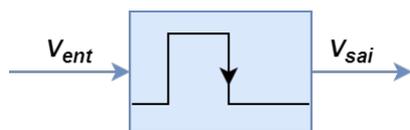
### Bloco DESCID

O bloco DESCID permite identificar a variação negativa em um dado um sinal lógico - de Verdadeiro (1) para Falso (0). No instante de tempo em que é identificada esta transição, a saída deste bloco é Verdadeira (1); e Falsa (0), caso contrário. É considerada Verdadeira a entrada superior ao parâmetro opcional P1.

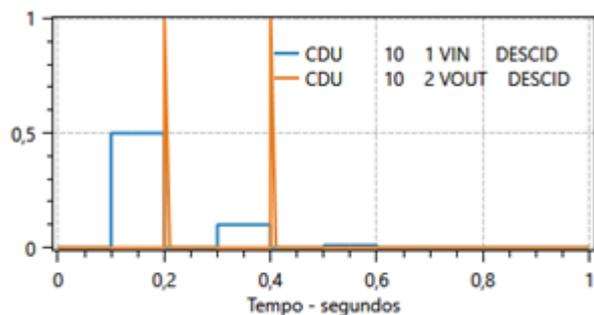
### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Lógico
Sinal de Saída	Lógico
P1	Tolerância que caracteriza uma variação positiva no sinal de entrada

Valores default	$P_1 = TABS$ (normalmente 1e-6)
Restrições	$P_1 > 0$



### Lógica



Se  $V_{ent} - V_{ent}(t - \Delta t) < P_1$ , então  $V_{sai} = 1$  (VERDADEIRO)

Senão,  $V_{sai} = 0$  (FALSO)

### Exemplo

Listagem 28.102: Exemplo de utilização do Bloco DESCID

```

1 DCU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_DESCID
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 11 DESCID Vent Vsai 0.01
6 FIMCDU
7 (
8 999999
    
```

### Bloco BORDAI

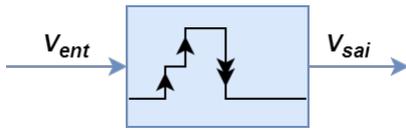
O bloco BORDAI (borda inteira) permite identificar a variação positiva (P1=1) e negativa (P2=1) em um dado um sinal inteiro de entrada. Para desativar a leitura das bordas, P1 ou P2 devem ser feitos 0.

### Características

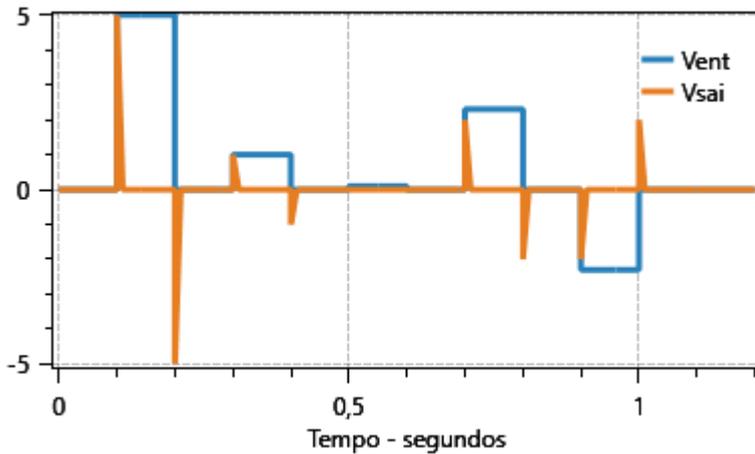
# Entradas	1
Sinal de Entrada	Inteiro
Sinal de Saída	Inteiro
P1	Parâmetro que determina a detecção de borda inteira de subida (1 = habilita, 0 = desabilita).
P2	Parâmetro que determina a detecção de borda inteira de descida (1 = habilita, 0 = desabilita).

Valores default	$P_1 = 1, P_2 = 1$
Restrições	

**Atenção:** Qualquer valor diferente de 0 será considerado 1 para efeitos dos parâmetros P1 e P2.



### Lógica



Se  $P_1 > 0$  e  $V_{ent} - V_{ent}(t - \Delta t) \geq P_1$ , então  $V_{sai} = \text{trunc}[V_{ent} - V_{ent}(t - \Delta t)]$  (*VERDADEIRO*)

Se  $P_2 > 0$  e  $V_{ent} - V_{ent}(t - \Delta t) \leq -P_2$ , então  $V_{sai} = \text{trunc}[V_{ent} - V_{ent}(t - \Delta t)]$  (*VERDADEIRO*)

Senão,  $V_{sai} = 0$  (*FALSO*)

### Exemplo

Listagem 28.103: Exemplo de Utilização do Bloco SUBIDA

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_SUBIDA
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 10 BORDAI Vent Vsai 1 1
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

### Bloco NOISE

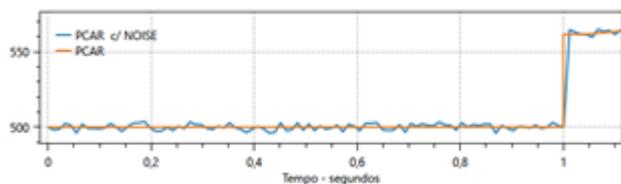
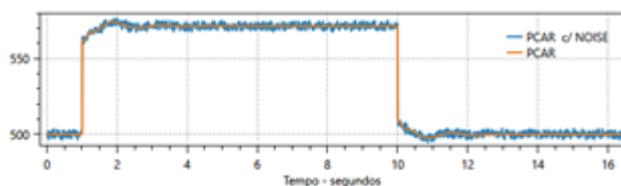
O bloco NOISE é utilizado para introduzir um sinal de ruído no sinal de entrada.

### Características

# Entradas	1
Sinal de Entrada	Real
Sinal de Saída	Real
P1	Ganho para o sinal de ruído



### Lógica



$$V_{sai}(t) = V_{ent}(t) + y(t)$$

Com  $y(t) = P_1 \cdot \cos(\arccos\left(\frac{y(t-\Delta t)}{P_1}\right) + v(-0.1, 0.1))$ , sendo  $y(0) = 0$

e  $v(a, b)$  a variável aleatória de distribuição uniforme que varia no setor  $[a, b]$

### Exemplo

## Listagem 28.104: Exemplo de Utilização do Bloco NOISE

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 01 CDU_NOISE
4 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 11 NOISE Vent Vsai 1.0
6 FIMCDU
7 (
8 999999

```

## 28.4 Definição de Valor Inicial de Variáveis (DEFVAL)

Dentro de um *CDU*, o código *DEFVAL* permite ao usuário **declarar uma variável** e especificar seu valor numérico **inicial**. Diferentemente dos parâmetros, as variáveis **não** são declaradas no *Anatem* utilizando “#”.

Este registro é utilizado quando se necessita fornecer um valor inicial para uma determinada variável de *CDU*. Quando esta variável for saída de algum bloco este valor poderá se alterar durante a simulação. Se a variável não for saída de nenhum bloco (como no caso de limites fixos de blocos) o valor será mantido durante toda a simulação. O comando *DEFVAL* permite inicializar qualquer variável com um valor numérico (se subtipo for deixado em branco) ou com o valor de um sinal que pode ser definido no próprio controlador ou ser proveniente de um local remoto, como por exemplo outro controlador, elemento da rede elétrica, etc., através do código *DLOC*. Os dados de definição de valores de variáveis podem ser fornecidos em qualquer local dentro do conjunto de dados dos blocos do *CDU*.

**Atenção:** Qualquer parâmetro a ser utilizado no campo *Vdef* de registros de *DEFVAL* deve ser primeiramente definido através de um registro de *DEFPAR*.

Para a declaração de uma variável, é necessário o preenchimento dos seguintes campos:

(EFVAL	Palavra <i>DEFVAL</i>
<i>stip</i>	Subtipo do dado de definição de valor de variável (consultar os <i>Subtipos Disponíveis</i> ), deixado em branco, preenchido com o nome de parâmetro, com <i>VAR</i> no caso de uma variável do próprio <i>CDU</i> ou com <i>CDU</i> no caso de uma variável de qualquer <i>CDU</i> .
<b>vdef</b>	Identificação alfanumérica da variável à qual será atribuído um valor inicial.
<b>d1</b>	O parâmetro <i>d1</i> pode ter os seguintes significados de acordo com o campo <i>stip</i> : <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Em branco:</b> o campo <i>d1</i> deve ser preenchido com o valor numérico ou nome do parâmetro com cujo valor será dado <i>DEFVAL</i>.</li> <li><b>Preenchido com VAR:</b> o campo <i>d1</i> deve ser preenchido com o nome da variável com cujo valor será dado <i>DEFVAL</i>. Esta variável deve pertencer ao mesmo <i>CDU</i> da variável identificada no campo <i>Vdef</i>.</li> <li><b>Preenchido com um dos demais subtipos:</b> número de identificação da localização remota de sinal com cujo valor será dado <i>DEFVAL</i> ou nome do parâmetro contendo esta informação. Se for deixado em branco, será importado o valor da variável da máquina, compensador estático, compensador série controlado ou conversor onde o <i>CDU</i> está conectado (consulte as particularidades para cada um dos <i>Subtipos Disponíveis</i>).</li> </ol>
<i>o</i>	Declaração para exclusão da variável no relatório <i>P2D2 NULL</i> .
<i>d2</i>	Valor <i>default</i> assumido pela variável na ausência da localização remota informada no campo <i>d1</i> . Este campo não deve ser preenchido quando da utilização do subtipo <i>VAR</i> ou subtipo em branco.

**Dica:** Insira régua para auxiliar ao preenchimento dos campos do código *DEFVAL* com o comando “*ctrl + \**”, após digitar o Texto “*\*DEFVAL*”.

### 28.4.1 Subtipos Disponíveis

Os subtipos de *DEFVAL*, que definem a característica do sinal a ser utilizado para definição de valor, podem ser:

<i>SINARQ</i>	Sinal externo a ser importado de arquivo associado na <i>Unidade Lógica #11</i> .
<i>PBSIS</i>	Potência base do sistema CA, em MVA (igual à constante <i>BASE</i> do <i>Anarede</i> )
<i>TEMPO</i>	Tempo atual da simulação, em segundos
<i>DT</i>	Passo de simulação informado no código <i>DSIM</i>

**Atenção:** O campo *d1* deve ser preenchido com o número da localização remota do sinal (código *DLOC*), com valor numérico ou nome de um parâmetro quando utilizado o subtipo *SINARQ*, e deixado em branco quando utilizados os subtipos *PBSIS*, *TEMPO* ou *DT*.

## Barras CA

Essas variáveis são referentes a locais remotos do tipo *BARRAC*:

<i>ANGL</i>	Ângulo da tensão da barra, em radianos.
<i>FREQ</i>	Frequência da barra, em pu.
<i>VOLT</i>	Módulo da tensão da barra, em pu.
<i>VOLTR</i>	Componente real da tensão da barra, em pu.
<i>VOLTI</i>	Componente imaginária da tensão da barra, em pu.
<i>SCC</i>	Potência de curto-circuito trifásica da barra, em MVA.
<i>STBUS</i>	Estado operativo de barra CA, podendo assumir os seguintes estados possíveis: 0 - barra desligada; 1 - barra ligada em operação normal; 2 - barra em curto-circuito por meio do evento APCB, APCC, ou MDSH.

**Atenção:** Para todos os subtipos, no caso de reguladores de máquina síncrona, de máquina de indução convencional, de máquina de indução com dupla alimentação, de gerador eólico com máquina síncrona, de compensador estático, de conversor CA-CC ou de carga dinâmica, caso o campo *dI* esteja em branco, a localização do sinal será considerada a barra CA terminal do respectivo equipamento ao qual o *CDU* estiver associado.

## Cargas Estáticas e Dinâmicas

Essas variáveis são referentes a locais remotos do tipo *BARRAC* (carga estática):

<i>PCAR</i>	Potência ativa total consumida pela carga na barra, em pu. Corresponde ao somatório da carga estática mais cargas dinâmicas.
<i>QCAR</i>	Potência reativa total absorvida pela carga na barra, em pu. Positiva para carga indutiva e negativa para carga capacitiva. Corresponde ao somatório da carga estática mais cargas dinâmicas.

**Atenção:** Para todos os subtipos, no caso de reguladores de máquina síncrona, de máquina de indução convencional, de máquina de indução com dupla alimentação, de gerador eólico com máquina síncrona, de compensador estático, de conversor CA-CC ou de carga dinâmica, caso o campo *dI* esteja em branco, a localização do sinal será considerada a barra CA terminal do respectivo equipamento ao qual o *CDU* estiver associado.

Essas variáveis são referentes a locais remotos do tipo *LDIN* (carga dinâmica):

<i>PL-DIN</i>	Potência ativa consumida pelo grupo de carga dinâmica na barra, em pu.
<i>QL-DIN</i>	Potência reativa absorvida pelo grupo de carga dinâmica na barra, em pu. Positiva para carga indutiva e negativa para carga capacitiva.
<i>IA-DIN</i>	Componente ativa da corrente drenada da barra pelo grupo de carga dinâmica, em pu.
<i>IR-DIN</i>	Componente reativa da corrente drenada da barra pelo grupo de carga dinâmica, em pu. Positiva para carga indutiva e negativa para carga capacitiva.
<i>GL-DIN</i>	Condutância correspondente à parcela ativa consumida pela carga dinâmica na barra, em pu.
<i>BL-DIN</i>	Susceptância correspondente à parcela reativa absorvida pela carga dinâmica na barra, em pu. Positiva para carga capacitiva e negativa para carga indutiva.

**Atenção:** Para todos os subtipos, no caso de modelos de carga dinâmica, caso o campo *dI* esteja em branco, a localização do sinal será considerada o grupo de carga dinâmica ao qual o *CDU* estiver associado.

### Bancos Shunt Equivalentes e Individualizados

Essas variáveis são referentes a locais remotos do tipo *BARRAC* (*shunt* equivalente):

<i>QSHT</i>	Potência reativa injetada pelo shunt na barra, em pu. Positiva para capacitor e negativa para indutor.
-------------	--

**Atenção:** Para todos os subtipos, no caso de reguladores de máquina síncrona, de máquina de indução convencional, de máquina de indução com dupla alimentação, de gerador eólico com máquina síncrona, de compensador estático, de conversor CA-CC ou de carga dinâmica, caso o campo *dI* esteja em branco, a localização do sinal será considerada a barra CA terminal do respectivo equipamento ao qual o *CDU* estiver associado.

Essas variáveis são referentes a locais remotos do tipo *BSH* (*shunt* individualizado):

<i>QBSH</i>	Potência reativa injetada pelo grupo de banco shunt individualizado, em pu. Positiva para capacitor e negativa para indutor.
<i>NUBSH</i>	Número de unidades em operação do grupo de banco shunt individualizado de barra ou de linha.
<i>STBSH</i>	Número de unidades em operação do grupo de banco shunt individualizado de barra ou de linha.

## Circuitos CA

Essas variáveis são referentes a locais remotos do tipo *CIRCAC*:

<i>FLXA</i>	Fluxo de potência ativa do circuito, em pu.
<i>FLXR</i>	Fluxo de potência reativa do circuito, em pu.
<i>ILIN</i>	Módulo da corrente do circuito, em pu.
<i>ILINR</i>	Componente real da corrente do circuito, em pu.
<i>ILINI</i>	Componente imaginária da corrente do circuito, em pu.
<i>RTRF</i>	Valor da resistência do transformador não OLTC, em pu.
<i>XTRF</i>	Valor da reatância do transformador não OLTC, em pu.
<i>RCIR</i>	Valor da resistência do circuito (incluindo transformadores), em pu.
<i>XCIR</i>	Valor da reatância do circuito (incluindo transformadores), em pu.
<i>RESI</i>	Resistência aparente medida de uma extremidade do circuito CA, em pu.
<i>REAT</i>	Reatância aparente medida de uma extremidade do circuito CA, em pu.
<i>ST-CIRC</i>	Estado de operação de um circuito: 0 para circuito desligado e 1 para circuito ligado. Um circuito é considerado ligado apenas quando ambas as extremidades estão ligadas.
<i>STLIN</i>	Estado de operação de extremidade DE de circuito: 0 para extremidade desligada e 1 para extremidade ligada.
<i>STLINP</i>	Estado de operação de extremidade PARA de circuito: 0 para extremidade desligada e 1 para extremidade ligada.

## Transformador OLTC

Essas variáveis são referentes a locais remotos do tipo *OLTC*:

<i>TAP</i>	Valor do <i>tap</i> atual do transformador no lado primário (barra <i>DE</i> do circuito definida no <i>Anarede</i> ), em pu.
<i>TAP-MIN</i>	Valor do <i>tap</i> mínimo do transformador, em pu.
<i>TAP-MAX</i>	Valor do <i>tap</i> máximo do transformador, em pu.
<i>DTAP</i>	Valor da variação incremental do <i>tap</i> , em pu.
<i>VBUS</i>	Tensão especificada para a barra controlada (fornecida no <i>Anarede</i> ), em pu.
<i>VLTC</i>	Tensão na barra controlada, em pu.
<i>SLTC</i>	Indica sentido de atuação do <i>tap</i> de acordo com a variação da tensão da barra controlada (possui valores 1.0 ou -1.0).
<i>RTRF</i>	Valor da nova resistência do transformador, em pu.
<i>XTRF</i>	Valor da nova reatância do transformador, em pu.
<i>PHS-TRF</i>	Valor do novo ângulo de defasamento do transformador, em radianos.

**Nota:** Os sinais *TAP*, *TAPMIN*, *TAPMAX*, *DTAP*, *VBUS*, *VLTC* e *SLTC* são influenciados pelos campos *Tmn* (*Tap* mínimo), *Tmx* (*Tap* máximo), *Nst* (Número de intervalos de *Tap*) e *Kbs* (Barra Controlada) presentes nos dados do código *DLTC* correspondentes ao transformador ao qual estes sinais estiverem relacionados.

**Atenção:** Para os subtipos *TAP*, *TAPMIN*, *TAPMAX*, *DTAP*, *VBUS*, *VLTC*, *SLTC*, *RTRF*, *XTRF* e *PHSTRF*, no caso de reguladores de *OLTC*, caso o campo *d1* esteja em branco, a localização do sinal será considerada o *OLTC* ao qual o *CDU* estiver associado.

## Máquinas de Indução

Essas variáveis são referentes a locais remotos do tipo *MIND*:

<i>WR-MOT</i>	Velocidade angular do rotor da máquina de indução convencional, em pu.
<i>SLIP</i>	Escorregamento do rotor da máquina de indução convencional em relação à frequência nominal do sistema, em pu ( $slip = 1 - \omega_r$ pu). Ele é positivo para velocidade subsíncrona e negativo para velocidade supersíncrona.
<i>TMOT</i>	Torque mecânico da máquina de indução convencional, em pu. Ele é positivo para carga mecânica e negativo no caso de turbina acoplada ao eixo, por exemplo, no caso de geração eólica.
<i>PMOT</i>	Potência elétrica ativa terminal consumida pela máquina de indução, em pu.
<i>QMOT</i>	Potência elétrica reativa terminal consumida pela máquina de indução, em pu.
<i>PB-MOT</i>	Potência base para uma unidade da máquina de indução convencional, em MVA.

**Nota:** Os sinais *PMOT*, *QMOT*, *TMOT* e *SLIP* adotam convenção de carga/motor, isto é:

- *PMOT* e *QMOT* são positivos para potência entrando no estator;
- *TMOT* é positivo para carga mecânica;
- *SLIP* é positivo para  $\omega_r < \omega_s$ .

**Atenção:** Para os subtipos *WRMOT*, *SLIP*, *TMOT*, *PMOT*, *QMOT* e *PBMOT*, no caso de modelo de torque mecânico de máquina de indução convencional, caso o campo *dI* esteja em branco, a localização do sinal será considerada o grupo de máquina de indução convencional ao qual o *CDU* estiver associado.

## Máquinas Síncronas

Essas variáveis são referentes a locais remotos do tipo *MAQ (DLOC)*:

<i>DELT</i>	Ângulo absoluto do eixo $q$ da máquina síncrona, em radianos.
<i>VTR</i>	Sinal de entrada de regulador de tensão, em pu.
<i>EFD</i>	Tensão de campo da máquina síncrona, em pu.
<i>EQ</i>	Tensão proporcional à corrente de campo da máquina síncrona ( $X_{ad} I_{fd}$ ), em pu.
<i>IFD</i>	Corrente de campo da máquina síncrona, em pu.
<i>IMQS</i>	Módulo da corrente da armadura da máquina síncrona, em pu.
<i>ID</i>	Corrente da armadura da máquina síncrona projetada no eixo $d$ , em pu.
<i>IQ</i>	Corrente da armadura da máquina síncrona projetada no eixo $q$ , em pu.
<i>VD</i>	Tensão terminal da máquina síncrona projetada no eixo $d$ , em pu.
<i>VQ</i>	Tensão terminal da máquina síncrona projetada no eixo $q$ , em pu.
<i>PELE</i>	Potência elétrica ativa do entreferro da máquina síncrona, em pu na base da máquina. Esta potência gerada não considera as perdas resistivas do estator da máquina.
<i>PTERM</i>	Potência elétrica ativa terminal da máquina síncrona, em pu na base da máquina. Esta potência gerada considera as perdas resistivas do estator da máquina.
<i>PMEC</i>	Potência mecânica da máquina síncrona, em pu na base da máquina.
<i>QELE</i>	Potência elétrica reativa gerada pela máquina síncrona, em pu na base da máquina.
<i>VSAD</i>	Sinal estabilizador aplicado no regulador de tensão da máquina síncrona, em pu.
<i>VCAG</i>	Sinal do CAG aplicado no regulador de velocidade da máquina síncrona, em pu.
<i>VCCT</i>	Sinal do Controle Coordenado de Tensão aplicado no regulador de tensão da máquina síncrona, em pu.
<i>WMAQ</i>	Velocidade angular da máquina síncrona, em pu.
<i>DW- MAQ</i>	Desvio de velocidade angular da máquina em relação à velocidade síncrona, em pu.
<i>PB- GER</i>	Potência base para uma unidade da máquina síncrona, em MVA.
<i>NU- GER</i>	Número de unidades de máquina síncrona em operação no grupo.
<i>ST- GER</i>	Número de unidades de máquina síncrona em operação no grupo.

**Nota:** O sinal *VTR* é influenciado pelos campos  $X_{vd}$  (Reatância de Compensação) e  $N_{bc}$  (Número da barra controlada) presentes nos dados do código de execução *DMAQ* correspondentes ao grupo gerador ao qual o sinal *VTR* estiver relacionado.

**Atenção:** Para os subtipos *PELE*, *PTERM*, *QELE*, *PMEC*, *VTR*, *EFD*, *IMQS*, *ID*, *IQ*, *VD*, *VQ*, *EQ*, *IFD*, *WMAQ*, *DWMAQ*, *DELT*, *VSAD*, *VCAG*, *VCCT*, *PBGER* e *NUGER*, no caso de reguladores de máquina síncrona, caso o campo *dI* esteja em branco a localização do sinal será considerada o grupo de máquina ao qual o *CDU* estiver associado.

## Geradores Eólicos de Indução com Dupla Alimentação

<i>SLDFM</i>	Escorregamento da máquina de indução com dupla alimentação em relação à frequência nominal, em pu ( $slip = 1 - \omega_r pu$ ). Ele é positivo para velocidade subsíncrona e negativo para velocidade supersíncrona.
<i>WRDFM</i>	Velocidade angular do rotor da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.
<i>WRDFM</i>	Mor em pu da referência para controle de velocidade da máquina de indução com dupla alimentação.
<i>TMDFM</i>	Torque mecânico da máquina de indução com dupla alimentação, em pu. Ele é positivo para carga mecânica e negativo no caso de turbina acoplada ao eixo, por exemplo, no caso de geração eólica.
<i>PMDFM</i>	Potência mecânica da carga no eixo da máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina. Ele é positivo para carga mecânica e negativo no caso de turbina acoplada ao eixo, por exemplo, no caso de geração eólica.
<i>PDFM</i>	Potência ativa total entrando no equipamento, em pu na base da máquina.
<i>QDFM</i>	Potência reativa total entrando no equipamento, em pu na base da máquina.
<i>PUNDFM</i>	Potência ativa por unidade geradora entrando no equipamento, em pu na base da máquina.
<i>PSDFM</i>	Potência ativa entrando no estator na máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.
<i>QSDFM</i>	Potência reativa entrando no estator na máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.
<i>PRDFM</i>	Potência ativa entrando no rotor na máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.
<i>QRDFM</i>	Potência reativa entrando no rotor na máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.
<i>PCDFM</i>	Potência ativa entrando no conversor <i>VSI</i> ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.
<i>QCDFM</i>	Potência reativa entrando no conversor <i>VSI</i> ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.
<i>TE-TADF</i>	Ângulo de referência dos eixos para variáveis de controle de conversor <i>VSI</i> , em radianos.
<i>VR-RDFM</i>	Componente real da tensão CA do conversor <i>VSI</i> ligado ao rotor da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.
<i>VRIDFM</i>	Componente imaginária da tensão CA do conversor <i>VSI</i> ligado ao rotor da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.
<i>VCRDFM</i>	Componente real da tensão CA do conversor <i>VSI</i> ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.
<i>VCIDFM</i>	Componente imaginária da tensão CA do conversor <i>VSI</i> ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.
<i>VDFM</i>	Módulo da tensão terminal da máquina de indução (pode incluir compensação com <i>XVD</i> - similar a <i>VTR</i> na máquina síncrona), em pu.
<i>IDFM</i>	Módulo da corrente CA total entrando no equipamento pelo lado do estator (corrente no estator + corrente no conversor ligado ao estator), em pu na base da máquina.
<i>ISDFM</i>	Módulo da corrente no estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.
<i>IRDFM</i>	Módulo da corrente no rotor da máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.
<i>IR-RDFM</i>	Componente real da corrente CA entrando no rotor da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.
<i>IRIDFM</i>	Componente imaginária da corrente CA entrando no rotor da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.
<i>ICDFM</i>	Módulo da corrente CA no conversor ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu na base da máquina.
<i>ICRDFM</i>	Componente real da corrente CA entrando no conversor <i>VSI</i> ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.
<i>ICIDFM</i>	Componente imaginária da corrente CA entrando no conversor <i>VSI</i> ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação, em pu.
<i>XTRDFM</i>	Reatância do transformador do conversor ligado ao estator da máquina de indução com dupla alimentação (valor para uma unidade do equipamento), em pu na base do sistema.
<i>PBDFM</i>	Potência base de 1 unidade da máquina de indução com dupla alimentação, em MW.

**Nota:** Os sinais *PDFM*, *QDFM*, *PUNDFM*, *PSDFM*, *QSDFM*, *PCDFM*, *QCDFM*, *PRDFM*, *QRDFM*, *PMDFM*, *TMDFM*, *IRRDFM*, *IRIDFM* e *SLDFM* adotam convenção de carga/motor, isto é:

- *PDFM*, *QDFM* e *PUNDFM* são positivos para potência entrando no equipamento;
- *PSDFM*, *QSDFM*, *PRDFM* e *QRDFM* são positivos para potência entrando no respectivo enrolamento;
- *PCDFM* e *QCDFM* são positivos para potência entrando no conversor ligado ao estator;
- *IRRDFM* e *IRIDFM* são positivos para corrente entrando no enrolamento do rotor;
- *PMDFM* e *TMDFM* são positivos para carga mecânica;
- *SLDFM* é positivo para  $\omega_r < \omega_s$ .

**Atenção:** O campo *dl* deve ser deixado em branco. A localização do sinal será considerada o grupo de gerador eólico com máquina de indução com dupla alimentação ao qual o *CDU* estiver associado. Na versão atual do *Anatem*, só é possível utilizar estes subtipos em *CDU* de gerador eólico com máquina de indução com dupla alimentação.

## Geradores Eólicos Síncronos

<i>WGSE</i>	Velocidade angular do rotor da máquina síncrona de gerador eólico, em pu.
<i>WRFGSE</i>	Valor em pu da referência para controle de velocidade da máquina síncrona de gerador eólico.
<i>TMGSE</i>	Torque mecânico da máquina síncrona de gerador eólico, em pu na base da máquina.
<i>PMGSE</i>	Potência mecânica da máquina síncrona de gerador eólico, em pu na base da máquina.
<i>VTRGSE</i>	Tensão terminal da máquina síncrona de gerador eólico, em pu.
<i>EFDGSE</i>	Tensão do campo da máquina síncrona de gerador eólico, em pu.
<i>DLTGSE</i>	Ângulo do eixo $q$ da máquina síncrona de gerador eólico, em radianos.
<i>PE1GSE</i>	Potência elétrica ativa terminal saindo da máquina síncrona de gerador eólico, em pu na base da máquina.
<i>QE1GSE</i>	Potência elétrica reativa terminal saindo da máquina síncrona de gerador eólico, em pu na base da máquina.
<i>PE2GSE</i>	Potência elétrica ativa injetada no sistema CA pelo inversor do gerador eólico com máquina síncrona, em pu na base do transformador do inversor.
<i>QE2GSE</i>	Potência elétrica reativa injetada no sistema CA pelo inversor do gerador eólico com máquina síncrona, em pu na base do transformador do inversor.
<i>IC1GSE</i>	Corrente CC saindo do retificador do gerador eólico com máquina síncrona, em pu.
<i>IC2GSE</i>	Corrente CC entrando no inversor do gerador eólico com máquina síncrona, em pu.
<i>VC1GSE</i>	Tensão CC no lado do retificador do gerador eólico com máquina síncrona, em pu.
<i>VC2GSE</i>	Tensão CC no lado do inversor do gerador eólico com máquina síncrona, em pu.
<i>FM1GSE</i>	Fator de modulação do “ <i>chopper</i> ” (adimensional) do gerador eólico com máquina síncrona.
<i>FM2GSE</i>	Fator de modulação do inversor <i>VSI</i> (adimensional) do gerador eólico com máquina síncrona.
<i>PH2GSE</i>	Ângulo de fase da tensão CA do inversor <i>VSI</i> do gerador eólico com máquina síncrona, em radianos.
<i>IRGSE</i>	Componente real da corrente CA injetada no sistema pelo inversor <i>VSI</i> do gerador eólico com máquina síncrona, em pu na base do transformador do inversor.
<i>IIGSE</i>	Componente imaginária da corrente CA injetada no sistema pelo inversor <i>VSI</i> do gerador eólico com máquina síncrona, em pu na base do transformador do inversor.
<i>SBMGSE</i>	Potência base de 1 unidade da máquina da máquina síncrona de gerador eólico, em MW.
<i>XT2GSE</i>	Reatância do transformador do inversor <i>VSI</i> do gerador eólico com máquina síncrona, em pu na base do transformador.
<i>TP2GSE</i>	Tap (no lado secundário) do transformador do inversor <i>VSI</i> do gerador eólico com máquina síncrona, em pu.
<i>SB2GSE</i>	Potência base do transformador do inversor <i>VSI</i> do gerador eólico com máquina síncrona, em MW.

**Nota:** Os sinais *PMGSE*, *TMGSE*, *PE1GSE*, *QE1GSE*, *PE2GSE*, *QE2GSE*, *IRGSE*, *IIGSE*, *IC1GSE*, *IC2GSE* adotam convenção de gerador, isto é:

- *PMGSE* e *TMGSE* são positivos para potência mecânica fornecida pela turbina;
- *PE1GSE* e *QE1GSE* são positivos para potência saindo do estator da máquina síncrona;
- *PE2GSE* e *QE2GSE* são positivos para potência saindo do equipamento para a rede CA;
- *IRGSE* e *IIGSE* são positivos para corrente saindo do equipamento e entrando na rede CA;
- *IC1GSE* é positivo para corrente saindo do retificador;
- *IC2GSE* é positivo para corrente entrando no inversor.

**Atenção:** O campo *dl* deve ser deixado em branco. A localização do sinal será considerada o grupo de gerador eólico com máquina de síncrona ao qual o *CDU* estiver associado. Na versão atual do *Anatem*, só é possível utilizar estes subtipos em *CDU* de gerador eólico com máquina de síncrona.

### Fontes Shunt Controladas

<i>VIRFNC</i>	Componente real da fonte de tensão interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de tensão <i>shunt</i> controlada ( $V_{I_r}$ ), em pu na base do sistema CA.
<i>VI-IFNT</i>	Componente imaginária da fonte de tensão interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de tensão <i>shunt</i> controlada ( $V_{I_i}$ ), em pu na base do sistema CA.
<i>VIMFNC</i>	Módulo da fonte de tensão interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de tensão <i>shunt</i> controlada, em pu na base do sistema CA.
<i>IIRFNC</i>	Componente real da fonte de corrente interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de corrente <i>shunt</i> controlada ( $I_{I_r}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.
<i>II-IFNT</i>	Componente imaginária da fonte de corrente interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de corrente <i>shunt</i> controlada ( $I_{I_i}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.
<i>IIMFNC</i>	Módulo da fonte de corrente interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de corrente <i>shunt</i> controlada, correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.
<i>ITRFNC</i>	Componente real da corrente terminal injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte <i>shunt</i> controlada (de tensão ou de corrente) ( $I_{T_r}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.
<i>ITIFNC</i>	Componente imaginária da corrente terminal injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte <i>shunt</i> controlada (de tensão ou de corrente) ( $I_{T_i}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.
<i>ITMFNC</i>	Módulo da corrente terminal injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte <i>shunt</i> controlada (de tensão ou de corrente), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.
<i>PTFNC</i>	Potência ativa injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte <i>shunt</i> controlada (de tensão ou de corrente), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.
<i>QTFNC</i>	Potência reativa injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte <i>shunt</i> controlada (de tensão ou de corrente), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.
<i>STFNC</i>	Potência aparente injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte <i>shunt</i> controlada (de tensão ou de corrente), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.
<i>NUFNC</i>	Número de unidades em operação do grupo de fonte shunt controlada
<i>ESTFNC</i>	Número de unidades em operação do grupo de fonte shunt controlada

**Nota:** Os sinais *IIRFNT*, *IIIFNT*, *ITRFNT*, *ITIFNT*, *PTFNT*, *QTFNT* adotam convenção de gerador, isto é:

- *IIRFNT*, *IIIFNT*, *ITRFNT* e *ITIFNT* são positivos para corrente entrando no sistema CA;
- *PTFNT* e *QTFNT* são positivos para potência entrando no sistema CA.

**Atenção:** Com exceção do subtipo *STFNT\**, para todos os demais subtipos, o campo *\*dI\** deve ser deixado em branco. A localização do sinal será considerada o grupo de fonte controlada ao qual o *:ref: `CDU* estiver associado. Na versão atual do *Anatem*, só é possível utilizar estes subtipos em *CDU* de fonte controlada por *CDU*. Os subtipos *VIRFNT*, *VIIFNT* e *VIMFNT* só poderão ser utilizados se o modelo de fonte controlada ao qual eles se referem for do tipo fonte de tensão (modelo *Thévenin*). Os subtipos *IIRFNT*, *IIIFNT* e *IIMFNT* só poderão ser utilizados se o modelo de fonte controlada ao qual eles se referem for do tipo fonte de corrente (modelo *Norton*).

### Barra CC

<i>VBDC</i>	Tensão em barra CC, em pu na base do elo CC.
-------------	--

### Linhas CC

<i>ILDC</i>	Corrente entrando no terminal da linha CC, em pu na base do elo CC.
<i>PLDC</i>	Potência elétrica entrando no terminal da linha CC, em pu na base do elo CC.

## Conversores LCC

<i>CCNV</i>	Corrente do conversor, em pu na base do elo CC. O valor deste sinal é sempre positivo, tanto para retificador quanto para inversor.
<i>VCNV</i>	Tensão terminal do conversor, em pu na base do elo CC. Este sinal é a tensão do anodo menos a tensão do catodo, portanto em regime permanente ela é positiva para retificador e negativa para inversor.
<i>PCCCNV</i>	Potência CC do conversor, em pu na base do elo CC. Em regime permanente o valor deste sinal é positivo para retificador e negativo para inversor.
<i>ALFA</i>	Ângulo de disparo do conversor, em radianos.
<i>ALFMIN</i>	Ângulo mínimo de disparo do conversor, em radianos.
<i>ALFMAX</i>	Ângulo máximo de disparo do conversor, em radianos.
<i>GAMA</i>	Ângulo de extinção do conversor, em radianos. Não é usado para retificador. Para conversor do tipo CCC corresponde a $\gamma'$ (margem de comutação).
<i>GAMIN</i>	Ângulo mínimo de extinção do conversor, em radianos. <b>Não</b> é usado para retificador.
<i>CTAP</i>	Relação de transformação dos transformadores conversores ( $V_{sec}/V_{prim}$ ), em pu. Corresponde ao inverso do <i>tap</i> calculado no <i>Anarede</i> .
<i>POLO</i>	Polaridade do conversor: 1 para polo positivo; -1 para polo negativo.
<i>OPCNV</i>	Modo de operação de conversor: 1 para retificador; -1 para inversor.
<i>CNVK</i>	Constante do conversor, $\frac{3n_p V_{base_{CAsec}} \sqrt{2}}{\pi V_{base_{CC}}}$ sendo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>n_p</math> é o número de pontes de 6 pulsos ativas do conversor</li> <li>• <math>V_{base_{CAsec}}</math> é tensão base CA na barra secundária;</li> <li>• <math>V_{base_{CC}}</math> é tensão base no lado CC do conversor;</li> </ul>
<i>CONDCC</i>	Estado de condução de corrente do conversor: 0 para estado normal de condução; 1 para estado com corrente interrompida (não condução); 2 para estado em falha de comutação.
<i>ESTCNV</i>	Estado de operação do conversor: 0 para conversor em elo desligado; 1 para conversor em elo ligado.
<i>STAPFC</i>	Estado da aplicação da falha de comutação: 0 para inversor em operação normal; 1 para inversor em falha de comutação.
<i>RCNV</i>	Resistência de comutação do transformador conversor, em pu na base do elo CC.
<i>RCCNV</i>	Resistência de comutação do capacitor do CCC, em pu na base do elo CC.
<i>SM01</i>	Primeiro sinal de modulação do conversor, em pu.
<i>SM02</i>	Segundo sinal de modulação do conversor, em pu.
<i>SM03</i>	Terceiro sinal de modulação do conversor, em pu.
<i>SM04</i>	Quarto sinal de modulação do conversor. Se o

**Atenção:** Para os subtipos *CCNV*, *VCNV*, *PCCCNV*, *ALFA*, *ALFMIN*, *ALFMAX*, *GAMA*, *GAMIN*, *CTAP*, *POLO*, *OPCNV*, *CNVK*, *CONDCC*, *ESTCNV*, *STAPFC*, *RCNV*, *RCCNV*, *SM01*, *SM02*, *SM03* e *SM04*, no caso de reguladores de conversores CA-CC, caso o campo *dl* esteja em branco, a localização do sinal será considerada o conversor ao qual o *CDU* estiver associado.

## Compensadores Estáticos

<i>BCES</i>	Susceptância do compensador estático, em pu na base do sistema (positiva para operação capacitiva e negativa para operação indutiva).
<i>BMN- CES</i>	Valor mínimo da susceptância do compensador estático, em pu na base do sistema, conforme dados do compensador definido no <i>Anarede</i> .
<i>BMX- CES</i>	Valor máximo da susceptância do compensador estático, em pu na base do sistema, conforme dados do compensador definido no <i>Anarede</i> .
<i>ICES</i>	Corrente injetada na rede pelo compensador estático, em pu na base do sistema (positiva para operação capacitiva e negativa para operação indutiva).
<i>ROCES</i>	Estatismo do compensador estático, em pu de tensão/pu de corrente ou pu de tensão/pu de potência reativa, conforme a característica estática do compensador definido no programa <i>Anarede</i> seja linear com corrente ou com potência na região de controle.
<i>QCES</i>	Potência reativa injetada na rede pelo compensador estático, em pu na base do sistema (positiva para operação capacitiva e negativa para operação indutiva).
<i>VCES</i>	Valor de tensão da barra controlada, em pu.
<i>VT- CES</i>	Valor de tensão da barra terminal, em pu.
<i>VOCES</i>	Valor desejado para a tensão da barra controlada, em pu, conforme dados do compensador definido no <i>Anarede</i> .
<i>VSAC</i>	Sinal estabilizador aplicado no compensador estático, em pu.
<i>ST- CES</i>	Número de unidades de compensador estático em operação no grupo.

**Atenção:** Para todos subtipos, se o campo *dl* for deixado em branco, no caso de reguladores de compensadores estáticos, a localização do sinal será considerada o grupo de compensadores estáticos ao qual o *CDU* estiver associado.

## Compensadores Série Controlados

<i>BLCS</i>	Susceptância do indutor do compensador série controlável, em pu.
<i>BCCS</i>	Susceptância do capacitor do compensador série controlável, em pu.
<i>BMNCS</i>	Valor mínimo da susceptância total do compensador série controlável, em pu.
<i>BMXCS</i>	Valor máximo da susceptância total do compensador série controlável, em pu.
<i>VSPCS</i>	Valor especificado de corrente, potência ou reatância no CSC, conforme dados do compensador definido no <i>Anarede</i> , em pu.
<i>XCSC</i>	Reatância equivalente total do compensador série controlável, em pu.
<i>VSCS</i>	Sinal estabilizador aplicado no compensador série controlável, em pu.

**Atenção:** Para todos subtipos, se o campo *dl* for deixado em branco, no caso de reguladores de *Compensadores Série Controláveis* (TCSC), a localização do sinal será considerada o CSC ao qual o *CDU* estiver associado.

## Equipamentos FACTS VSI

VCEVS	Tensão no capacitor CC de equipamento <i>FACTS VSI</i> , em pu.
ICEVS	Corrente no capacitor CC de equipamento <i>FACTS VSI</i> , em pu.
PCEVS	Potência no capacitor CC de equipamento <i>FACTS VSI</i> , em pu.

**Atenção:** O campo *dI* deve ser deixado em branco. A localização do sinal será considerada o Equipamento FACTS VSI a que pertence o conversor *VSI* ao qual o *CDU* estiver associado. Na versão atual do *Anatem*, só é possível utilizar estes subtipos em *CDU* de controle de conversor *VSI*.

## Conversores VSI

<i>FMVSI</i>	Fator de modulação mck do conversor <i>VSI</i> (adimensional).		
<i>PHSVSI</i>	Fase $\Psi_k$ da tensão interna no lado CA do conversor <i>VSI</i> , em radianos, relativa à referência do sistema CA.		
<i>ETMVSI</i>	Módulo tensão interna no lado CA do conversor <i>VSI</i> , em pu.		
<i>ETRVSI</i>	Componente real da tensão interna no lado CA do conversor <i>VSI</i> , em pu.		
<i>ETIVSI</i>	Componente imaginária da tensão interna no lado CA do conversor <i>VSI</i> , em pu.		
<i>IMVSI</i>	Módulo da corrente CA do conversor <i>VSI</i> , em pu.		
<i>IRVSI</i>	Componente real da corrente do lado CA do conversor <i>VSI</i> , entrando pela barra DE do conversor, em pu.		
<i>IIVSI</i>	Componente imaginária da corrente do lado CA do conversor <i>VSI</i> , entrando pela barra DE do conversor, em pu.		
<i>SVSI</i>	Potência aparente no lado CA do conversor <i>VSI</i> , entrando pela barra DE do conversor, em pu.		
<i>PVSI</i>	Potência ativa no lado CA do conversor <i>VSI</i> , entrando pela barra DE do conversor, em pu.		
<i>QVSI</i>	Potência reativa no lado CA do conversor <i>VSI</i> , entrando pela barra DE do conversor, em pu.		
<i>ICCVSI</i>	Corrente no lado CC do conversor <i>VSI</i> , em pu.		
<i>PCCVSI</i>	Potência no lado CC do conversor <i>VSI</i> , em pu.		
<i>RTRVSI</i>	Resistência equivalente total dos transformadores do conversor <i>VSI</i> (equivalente de Thévenin), em pu.		
<i>XTRVSI</i>	Reatância equivalente total dos transformadores do conversor <i>VSI</i> (equivalente de Thévenin), em pu.		
<i>GTRVSI</i>	Admitância equivalente total dos transformadores do conversor <i>VSI</i> (equivalente de Norton), em pu.		
<i>BTRVSI</i>	Susceptância equivalente total dos transformadores do conversor <i>VSI</i> (equivalente de Norton), em pu.		
<i>KCVSI</i>	Fator $K_c$ de proporcionalidade da equação de relaciona a tensão CA e a tensão CC do conversor <i>VSI</i> (adimensional), $K_c = a n_c K_f \frac{V_{bpt} V_{baseCC}}{V_{bst} V_{baseCA}}$ onde: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>a</math> é o tap do transformador do conversor <i>VSI</i>, no lado secundário;</li> <li>• <math>n_c</math> é o número de pontes em série no conversor <i>VSI</i>;</li> <li>• <math>K_f = \frac{\sqrt{6}}{\pi}</math> ou <math>K_f = \frac{\sqrt{6}}{4}</math> é o fator de forma da tensão, dependente do tipo de modulação e controle;</li> <li>• <math>V_{baseCA}</math> é tensão base CA nas barras terminais do conversor <i>VSI</i>;</li> </ul>		
28.4.	Definição de Valor Inicial de Variáveis (DEFVAL)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>V_{baseCC}</math> é tensão base no lado CC do conversor <i>VSI</i>;</li> <li>• <math>V_{bpt}</math> a tensão base no lado primário do transformador do conversor <i>VSI</i> (para uma ponte):</li> </ul>	475

**Nota:** Na presente versão os sinais *IRVSI*, *IIVSI*, *SVSI*, *PVSI* e *QVSI*, quando relativos a conversores *VSI* série, só estão disponíveis para a extremidade *DE*. Esta extremidade é a barra *DE* do circuito (*TCSC*) que foi substituído pelo conversor *VSI* série, conforme definida no Anarede e não no código *DVSI*. Caso se deseje o sinal na outra extremidade, o circuito deverá ser definido em sentido contrário.

**Nota:** O sentido positivo da tensão interna no lado CA do conversor *VSI* é considerado contrário ao da orientação *DE-PARA* do ramo do conversor *VSI*.

**Atenção:** O campo *d1* deve ser deixado em branco. A localização do sinal será considerada o conversor *VSI* ao qual o *CDU* estiver associado. Na versão atual do *Anatem*, só é possível utilizar estes subtipos em *CDU* de controle de conversor *VSI*.

## 28.4.2 Exemplo

Listagem 28.105: Exemplo da declaração de variáveis via código DEF-VAL

```

1  (=====
2  ( CONTROLE DE UMA UNIDADE DE UM PARQUE EÓLICO
3  (=====
4  DCDU
5  (ncdu) ( nome cdu )
6  200   CDU_EOLICA
7  (EFPAR (nome) (   valor   )
8  DEFPAR #Slip0 0.98           Escorregamento inicial [pu]
9  DEFPAR #Wref 1.0             Velocidade angular de referencia do rotor da máquina
   ↳de inducao [pu]
10 (
11 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )o( d2 )
12 DEFVAL      Slip  #Slip0           Escorregamento [pu]
13 DEFVAL  VAR  Wwind WWin0           Velocidade do vento [m/s]
14 DEFVAL  WRMOT Wger  2200  #Wref  Velocidade do rotor da máquina de inducao [pu]
15 FIMCDU
16 999999
17 (
18 (=====
19 ( DADOS DE LOCALIZAÇÃO REMOTA DOS SINAIS
20 (=====
21 DLOC
22 (Lc)  (Tipo)( El )( Pa)Nc( Ex)Gr(BI)
23 2200  MIND  01                10
24 999999

```

## 28.5 Definição de Variáveis para Plotagem (DEFPLT)

Dentro de um *CDU*, o código *DEFPLT* permite ao usuário **declarar uma variável a ser plotada** quando, dentro de um código *DPLT*, o tipo *CDU* é requisitado, sem um bloco correspondente. Neste caso, um novo arquivo de plotagem é criado, seguindo as regras do *Arquivo de Plotagem de Variáveis de CDU*, sendo necessário o seu preenchimento no código *DARQ* também.

Para a declaração de uma variável para plotagem, é necessário o preenchimento dos seguintes campos:

<b>(EFPLT</b>	Palavra <i>DEFPLT</i>
<b>var</b>	Identificação alfanumérica da variável a ser plotada.

**Dica:** Insira régua para auxiliar ao preenchimento dos campos do código *DEFPLT* com o comando “*ctrl + \**”, após digitar o Texto “*\*DEFPLT*”.

### 28.5.1 Exemplo

Listagem 28.106: Exemplo da declaração de parâmetros via código DEF-PLT

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3 0001 AVR
4 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 01 ENTRAD Vref
6 02 IMPORT VOLT Vt
7 03 IMPORT VSAD Vsad
8 04 SOMA Vref X3
9 -Vt X3
10 Vsad X3
11 05 LEDLAG X3 Efd 100.0 0.0 1.0 0.05
12 06 EXPORT EFD Efd
13 (EFPLT (var )
14 DEFPLT Vref
15 DEFPLT Vt
16 DEFPLT EFD
17 FIMCDU
18 999999

```

## 28.6 Inicialização de Modelos CDU

No início da simulação dinâmica, o *Anatem* realiza a inicialização de cada modelo *CDU* a partir de variáveis conhecidas do caso de regime permanente para a determinação do valor inicial de todas as variáveis internas dos controladores.

De forma geral, o procedimento de inicialização adotado pelo *Anatem* é ilustrado na [Fig. 28.3](#):

Este algoritmo pode ser enumerado nas seguintes etapas:

- 1 - Tentar inicializar variáveis a partir de *DEFVAL*;
- 2 - Tentar inicializar variáveis de saída de bloco *IMPORT* a partir de sinais externos conhecidos;
- 3 - Tentar inicializar variáveis de entrada de bloco *EXPORT* a partir de sinais externos conhecidos;

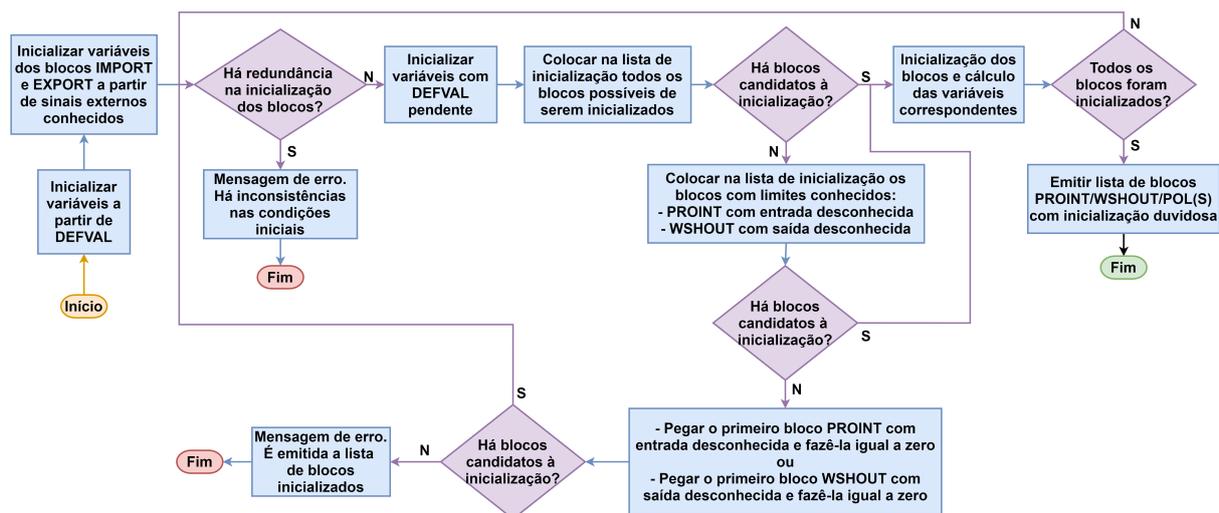


Fig. 28.3: Fluxograma de inicialização de modelos CDU.

4 - Verificar redundância na inicialização de blocos (redundância significa que a inicialização do bloco está atribuindo um valor a uma variável já inicializada);

**Erro:** Se houver redundância e se o valor desejado e o já existente forem diferentes (acima de uma certa tolerância), emitir mensagem de erro e parar o programa indicando que há inconsistência nas condições iniciais.

5 - Tentar inicializar variáveis com *DEFVAL* pendente (depende do valor de um sinal ou do valor de outra variável que ainda não tenha sido determinada);

6 - Pesquisar blocos candidatos à inicialização e colocá-los numa lista;

---

#### Importante:

- blocos *PROINT*: com saída, entrada e limites conhecidos;
  - blocos *WSHOUT*: com saída, entrada e limites conhecidos;
  - bloco *LIMITA/LEDLAG*:
    - entrada e limites conhecidos/ saída desconhecida;
    - limites e saída conhecidos/ entrada desconhecida;
  - outros blocos:
    - entradas conhecidas/ saída desconhecida;
    - saída e n-1 entradas conhecidas/ 1 entrada desconhecida;
- 

7 - Se não há blocos candidatos à inicialização, colocar na lista:

---

#### Importante:

- *PROINT*: com saída e limites conhecidos e entrada desconhecida;
  - *WSHOUT*: com entrada e limites conhecidos e saída desconhecida;
- 

8 - Se ainda não há blocos candidatos à inicialização:

**Importante:**

- Pegar o primeiro bloco *PROINT* com entrada desconhecida e fazê-la igual a zero ou
- Pegar primeiro bloco *WHSOUT* com saída desconhecida e fazê-la igual a zero;
- Voltar ao item (4)

9 - Se não há blocos candidatos à inicialização e ainda faltam blocos para serem inicializados: emitir mensagem de erro e a lista de blocos já inicializados e parar o programa; Se existirem blocos na lista de inicialização, seguir para o próximo passo.

10 - Processar blocos na lista de inicialização;

**Importante:** Inicializar blocos e calcular variáveis correspondentes.

11 - Se ainda restarem blocos não inicializados, voltar ao item (4). Do contrário, emitir a lista de blocos *PROINT/WHSOUT/POL(S)* com inicialização duvidosa;

12 - Fim da inicialização com sucesso.

### 28.6.1 Sentido de Inicialização de CDUs

O *Anatem* adota atualmente um processo de inicialização bloco a bloco para os *CDU*'s. Em algumas situações pode ocorrer de não ser possível inicializar todos os blocos automaticamente, sem o fornecimento de informações adicionais por parte do usuário. Existem dois casos típicos, que são mostrados a seguir:

#### Inicialização da entrada para a saída (CDU)

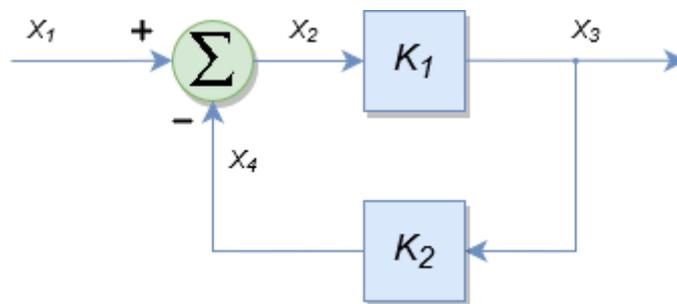


Fig. 28.4: Sistema com realimentação - inicialização da entrada para a saída.

Na figura acima, os blocos com ganhos  $K_1$  e  $K_2$  podem ser um conjunto de blocos em série, onde  $K_1$  e  $K_2$  seriam os ganhos em regime permanente, equivalentes às respectivas sequências de blocos. O valor de  $X_1$  é conhecido, mas não os de  $X_2$ ,  $X_3$  e  $X_4$ . Não é possível determinar a priori estes valores pois na equação do bloco somador há duas incógnitas ( $X_2$  e  $X_4$ ). Porém, se o bloco somador e os dois blocos de ganho fossem resolvidos simultaneamente poderíamos obter o valor da variável  $X_3$  pela expressão. Desta forma se acrescentarmos um bloco com o ganho e com entrada  $X_1$  e saída  $X_5$ , como mostrado abaixo, podemos utilizar a saída deste bloco para inicializar a variável  $X_3$ , após o que o programa conseguirá calcular as variáveis restantes ( $X_2$  e  $X_4$ ).

#### Inicialização da saída para a entrada (CDU)

Na figura acima, os blocos com ganhos  $K_1$  e  $K_2$  podem ser um conjunto de blocos em série, onde  $K_1$  e  $K_2$  seriam os ganhos em regime permanente, equivalentes às respectivas sequências de blocos. O valor de  $X_4$  é conhecido, mas não os de  $X_1$ ,  $X_2$  e  $X_3$ . Não é possível determinar a priori estes valores, pois na equação do bloco somador há duas incógnitas ( $X_2$  e  $X_3$ ). Porém, se o bloco somador e os dois blocos de ganho fossem resolvidos simultaneamente poderíamos obter o valor da variável  $X_1$  pela expressão. Desta forma se acrescentarmos um bloco com o ganho, com entrada  $X_4$  e saída  $X_5$ , como mostrado abaixo, podemos

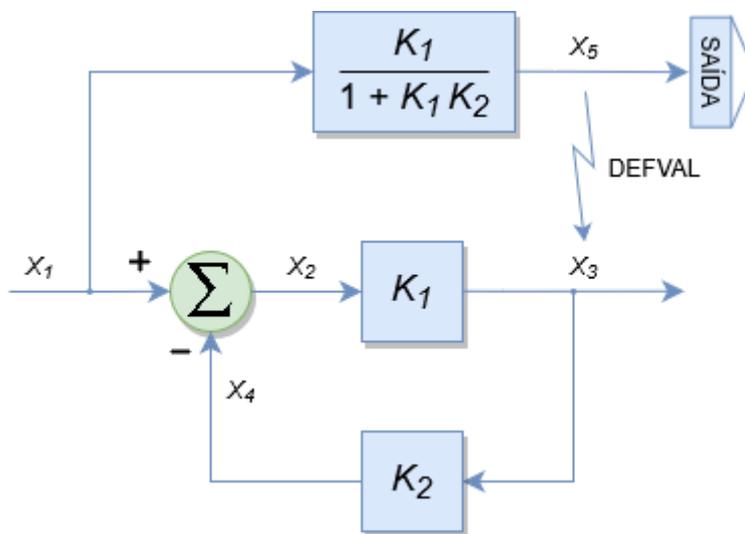


Fig. 28.5: Sistema com realimentação - inicialização da entrada para a saída.

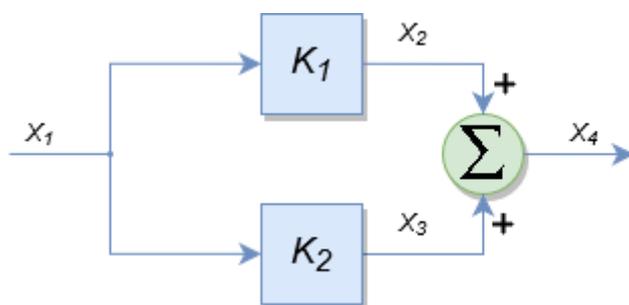


Fig. 28.6: Sistema com caminhos paralelos - inicialização da saída para a entrada.

utilizar a saída deste bloco para inicializar a variável  $X_1$ , após o que o programa conseguirá calcular as variáveis restantes ( $X_2$  e  $X_4$ ).

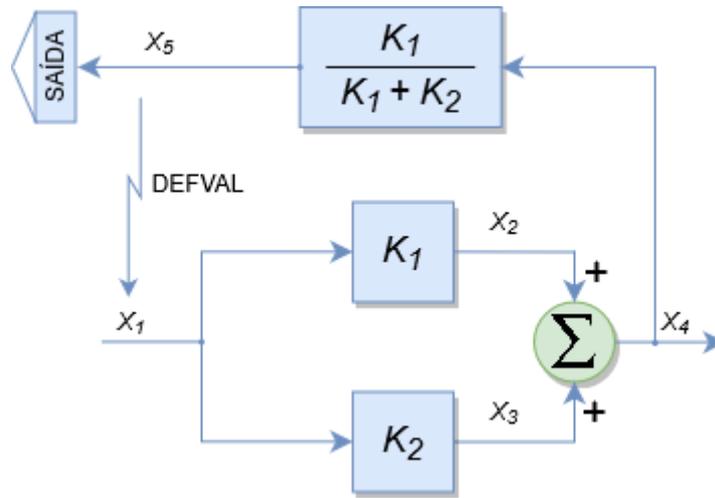


Fig. 28.7: Sistema com caminhos paralelos - inicialização da saída para a entrada.

### 28.6.2 Exemplo de Inicialização de CDUs

Para ilustrar o processo de inicialização de CDU, considere o regulador de tensão da Fig. 28.8

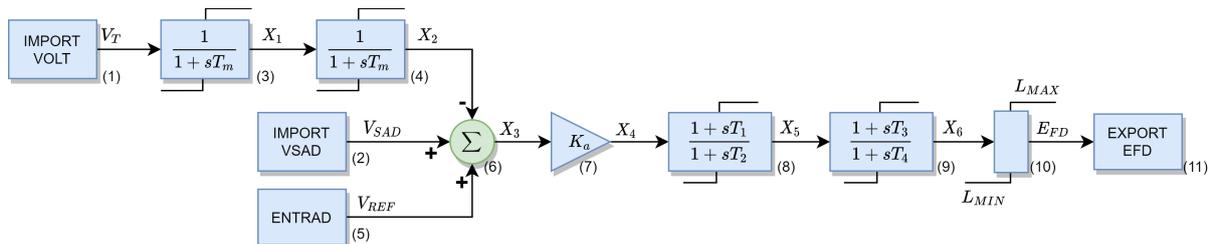
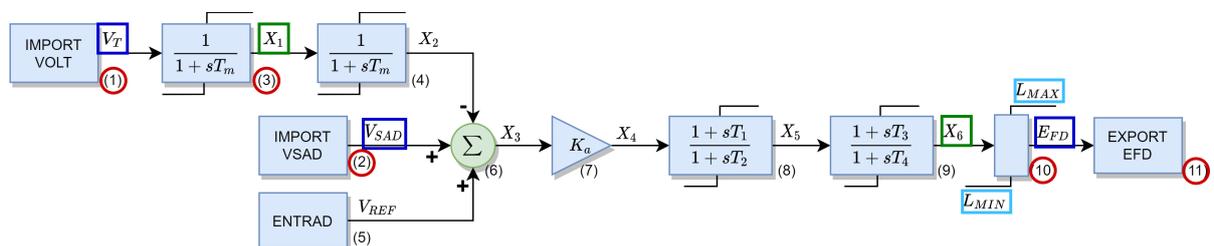


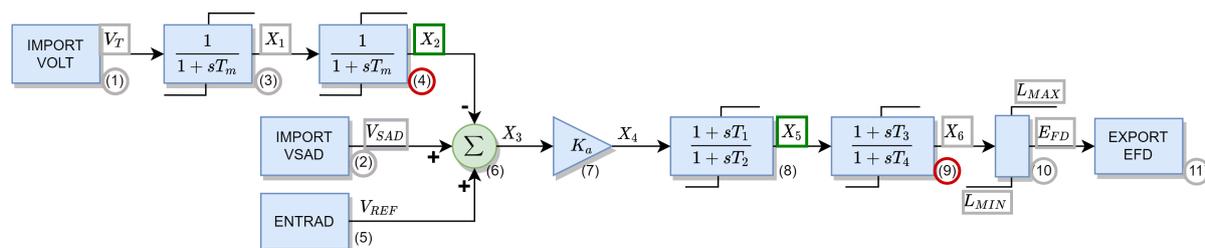
Fig. 28.8: Exemplo de inicialização de CDU de regulador de tensão.

A inicialização deste CDU seguirá as etapas apresentadas no fluxograma de inicialização da Fig. 28.3, e o passo a passo deste procedimento é ilustrado nas figuras a seguir:



- 1 - Inicializar variáveis a partir de DEFVAL
- 2 - Inicializar variáveis a partir dos blocos IMPORT e EXPORT
- 3 - Colocar na lista de ordenação os blocos possíveis de serem inicializados
- 4 - Inicialização dos blocos e cálculo das variáveis correspondentes

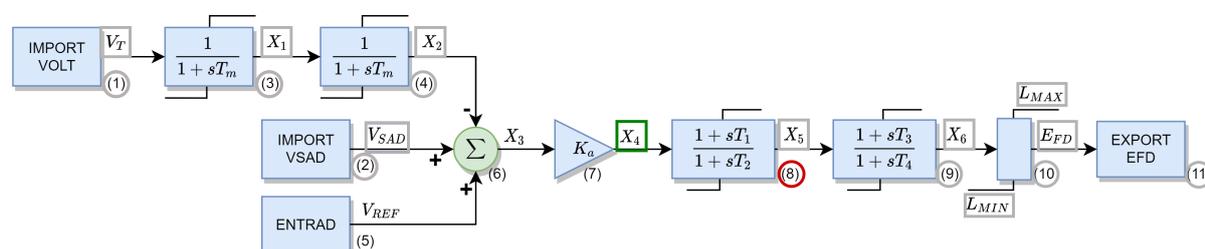
Fig. 28.9: Inicialização de CDU - Passo 1.



5 - Colocar na lista de ordenação os blocos possíveis de serem inicializados

6 - Inicialização dos blocos e cálculo das variáveis correspondentes

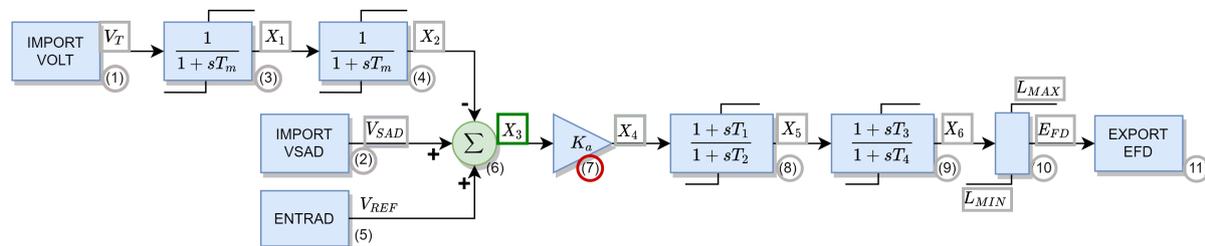
Fig. 28.10: Inicialização de CDU - Passo 2.



7 - Colocar na lista de ordenação os blocos possíveis de serem inicializados

8 - Inicialização dos blocos e cálculo das variáveis correspondentes

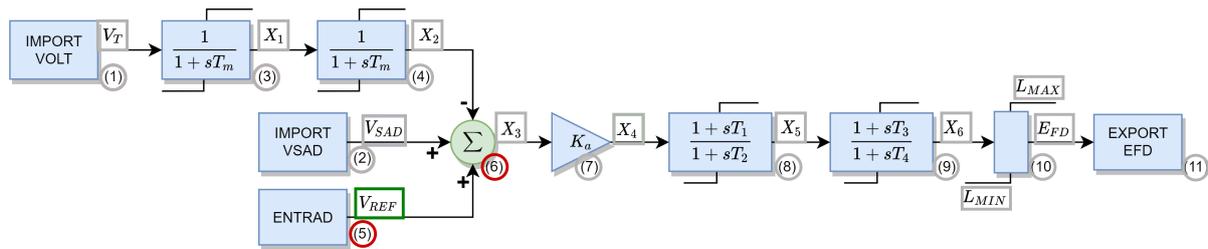
Fig. 28.11: Inicialização de CDU - Passo 3.



9 - Colocar na lista de ordenação os blocos possíveis de serem inicializados

10 - Inicialização dos blocos e cálculo das variáveis correspondentes

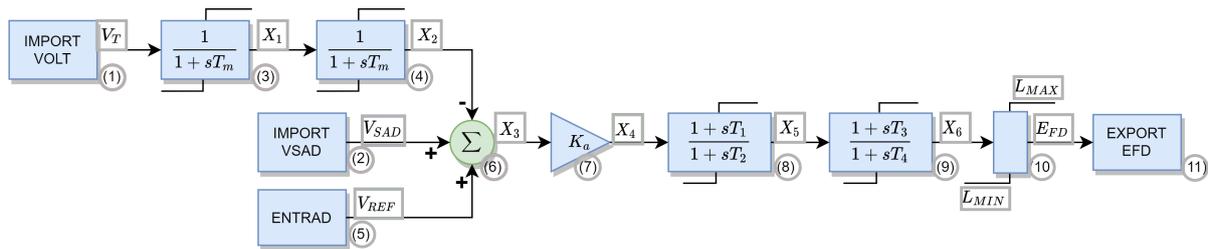
Fig. 28.12: Inicialização de CDU - Passo 4.



11 - Colocar na lista de ordenação os blocos possíveis de serem inicializados

12 - Inicialização dos blocos e cálculo das variáveis correspondentes

Fig. 28.13: Inicialização de CDU - Passo 5.



Conclusão da inicialização

Fig. 28.14: Inicialização de CDU - Fim da inicialização.

## 28.7 Limitadores em Blocos de CDU

As rotinas do *Anatem* para representação de *CDU*'s permitem a modelagem de limites do tipo estático (“windup”) ou dinâmicos (“non-windup”). Se o usuário tiver conhecimento sobre a implementação real do bloco e este possuir limites internos, deverá então representá-lo numa formulação de estado por blocos de primeira ordem, com limites dinâmicos ou estáticos nos locais adequados (ver representação de blocos com ordem maior que 1).

### 28.7.1 Limitadores Estáticos

O limitador do tipo estático limita a saída de um bloco mas não a sua variável de estado. Os limitadores estáticos são representados pelo tipo *Bloco LIMITA*.

### 28.7.2 Limitadores Dinâmicos

O limitador do tipo dinâmico atua sobre a variável de estado. Os blocos que podem ter limitador dinâmico são os de tipo *LEDLAG*, *WSHOUT*, *PROINT*, *LAGNL* e *INTRES*.

Os *LDLAG2*, *WSHOU2* e *PROIN2* apresentam limitadores na variável de estado e também na variável de saída, diferindo da sua versão regular nesse aspecto.

Para o bloco de tipo *POL(S)* não foram implementados limites dinâmicos, apesar de ser um bloco representado por função de transferência em *S*. Isto porque este bloco pode possuir duas ou três variáveis de estado e dependendo da implementação do controle no campo estas variáveis podem mudar. Além disso seria necessário limitar separadamente cada variável de estado e no *Anatem* só está sendo permitido atualmente um par de limites por bloco.

## 28.8 Eventos em CDU

Os seguintes eventos podem ser aplicados em CDUs:

### 28.8.1 Alteração em Sinal de Referência

#### TCDU

Degrau em sinal de entrada de CDU (bloco ENTRAD). É necessário preencher o campo de valor absoluto (Abs) ou o campo de valor percentual (%).

<b>EI</b>	Identificador do CDU em que será aplicado o evento
<b>%</b>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) do sinal de referência
<b>Abs</b>	Variação absoluta do sinal de referência
<b>BI</b>	Número de identificação do bloco do CDU em que será aplicado o evento.

#### RCDU

Rampa em sinal de entrada de CDU (bloco ENTRAD). É necessário preencher o campo de valor absoluto (Abs) ou o campo de valor percentual (%) para informar o valor da taxa de variação do sinal de entrada do CDU.

<b>EI</b>	Identificador do CDU em que será aplicado o evento
<b>%</b>	Taxa de variação, em %/s, relativa ao valor em $t=0$ , do respectivo sinal de ENTRAD
<b>Abs</b>	Taxa de variação absoluta do respectivo sinal de ENTRAD, em pu/s
<b>BI</b>	Número de identificação do bloco do CDU em que será aplicado o evento.

## 28.9 Plotagem de CDUs

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos *CDU*'s requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação do <i>CDU</i> .
<i>Bl</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Número de identificação do bloco do <i>CDU</i> cuja variável (de saída ou de estado) associada será plotada. Este campo é usado apenas pelas variáveis com tipo <i>CDU</i> ou <i>CDUE</i>.</li> <li>Alternativamente, pode-se utilizar o nome da variável de saída do bloco de interesse como identificador.</li> <li>Se for preenchido com "*" e solicitado o tipo de arquivo <i>PLTCDU</i> no código <i>DARQ</i>, o <i>Anatem</i> criará um <i>arquivo de plotagem</i> por <i>CDU</i> desejado.</li> <li>Se for deixado em branco e solicitado o tipo de arquivo <i>PLTCDU</i> no código <i>DARQ</i>, o <i>Anatem</i> criará um <i>arquivo de plotagem</i> por <i>CDU</i> desejado contendo apenas as variáveis selecionadas com o comando <i>DEFPLT</i>.</li> </ul>

Os seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos *CDU*'s:

#### CDU

Variável de saída do bloco.

**CDUE**

Variável de estado do bloco (para bloco *POL(S)* todas as variáveis de estado são selecionadas ao mesmo tempo).

Novo na versão 12.4.0: É permitido deixar em branco o identificador do bloco, plotando todas as variáveis definidas pelo *DEFPLT* no código *DCDU*.

Novo na versão 12.4.0: É permitido utilizar o nome da variável de saída como identificador do bloco de interesse.

## 28.10 Variáveis CDU para IMPORT/EXPORT

As seguintes variáveis podem ser importadas e exportadas diretamente por controladores (*CDU*) associados a certos equipamentos ou por locais remotos de medição (*CDU* no código *DLOC*):

**CDU**

*IMPORT EXPORT*

Controlador Definido pelo Usuário.

### 28.10.1 Variáveis CDU Externas

**SINARQ**

*IMPORT*

Sinal externo a ser importado de arquivo associado na *Unidade Lógica #11* ou arquivo tipo *SINARQ* no código *DARQ*.

### 28.10.2 Variáveis do Sistema

**PBSIS**

*IMPORT*

Potência base do sistema CA, em MVA (igual à constante *BASE* do Anarede).

**TEMPO**

*IMPORT*

Instante atual da simulação, em segundos.

**DT**

*IMPORT*

Passo de integração da simulação, em segundos.

### 28.10.3 Local Remoto de CDU

O tipo *CDU* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>EI</b>	Número de identificação do <i>CDU</i>
<b>BI</b>	Número de identificação do bloco do <i>CDU</i> cuja variável de saída será associada à localização do sinal

## 28.10.4 Local Remoto de Sinal Externo

O tipo *SINARQ* no código *DLOC* possui a seguinte régua de preenchimento:

EI	Número de identificação o sinal externo a ser importado de arquivo associado do arquivo <i>SINARQ</i> no código <i>DARQ</i> .
----	---

**Nota:** O arquivo associado na *Unidade Lógica #11* tem o mesmo formato do arquivo de saída para plotagem (associado na *Unidade Lógica #8*) e neste arquivo a primeira posição na lista de valores corresponde ao tempo. Assim sendo, o sinal externo *N* a ser importado deverá corresponder ao valor  $N + 1$  na lista de valores do arquivo.

### Ver também:

Confira as seguintes entradas para outras variáveis CDU:

- *Variáveis CDU de Barras CA*
- *Variáveis CDU de Cargas*
- *Variáveis CDU de Shunt*
- *Variáveis CDU de Circuitos CA*
- *Variáveis CDU de Transformadores OLTC*
- *Variáveis CDU de Máquinas de Indução Convencional*
- *Variáveis CDU de Máquinas Síncronas*
- *Variáveis CDU de Geradores Eólicos DFIG*
- *Variáveis CDU de Geradores Síncronos Eólicos*
- *Variáveis CDU de Fonte Shunt Controlada*
- *Variáveis CDU de Barras CC*
- *Variáveis CDU de Linhas CC*
- *Variáveis CDU de Elos CC*
- *Variáveis CDU de Compensadores Estáticos*
- *Variáveis CDU de Compensadores Série Controláveis*
- *Variáveis CDU de FACTS VSI*

## 28.11 Considerações para uma boa Modelagem de CDU

Modelos definidos pelo usuário, em geral, devem ser utilizados por diferentes usuários e agentes, uma vez que deverão integrar uma base de dados dinâmicos do programa. Nesse sentido, é fundamental que uma boa modelagem seja empregada no processo. Um bom modelo matemático e computacional é aquele que consegue compreender os seguintes aspectos:

**Modelos autoinicializáveis:** os modelos definidos devem ser sempre autoinicializáveis. Isto é, não devem requerer intervenção do usuário para a definição das condições iniciais do seu funcionamento. Idealmente, para qualquer que seja o ponto de operação do caso, o modelo deve ser capaz de inicializar suas variáveis. Variáveis podem ser definidas por *DEFVAL*, desde que o seu preenchimento não seja dependente do ponto de operação; ou seja, uma vez definidas, não precisam ser alteradas.

**Escopo da modelagem:** os modelos devem ser eficientes computacionalmente para uma garantia de longevidade do modelo. Dentro das malhas dos controles, não devem estar inseridas, por exemplo, as malhas de controle de dinâmicas não pertinentes ao escopo da análise de transitórios eletromecânicos. Alguns controladores apresentam malhas com constante de tempo de minutos (relativos à regulação

de longo termo, como regulações térmicas), enquanto que outros apresentam malhas com constante de tempo muito rápidas (como para as dinâmicas eletromagnéticas). Os modelos dos controladores devem ser definidos em concordância com o seu escopo de aplicação.

**Malhas de inicialização:** malhas que tenham sido definidas apenas com o propósito de calcular valores iniciais de outros pontos do controle devem ser marcadas com o caractere “\*” no campo apropriado. Desta forma, o cálculo destas malhas estará restrito a apenas o valor inicial, reduzindo o esforço computacional na simulação.

**Grau do detalhamento do modelo:** modelos devem ser tão detalhados quanto o possível, considerando o escopo de aplicação. Modelos mais detalhados trazem à simulação maior aderência ao comportamento real do equipamento. Contudo, o detalhamento do modelo leva, invariavelmente, à necessidade de mais dados de entrada (usualmente parâmetros) ou a modelagem de mais lógicas auxiliares (mais blocos). O problema existente no excesso de parâmetros está na necessidade de serem fornecidos e corretamente fornecidos. O problema existente no excesso das lógicas auxiliares está no desempenho computacional prejudicado e, possivelmente, em erros na modelagem que dificilmente são detectados; uma vez que essas malhas normalmente não estão atuantes no caso. O usuário deve prestar atenção no equilíbrio dessas informações.

---

**Dica:** Um modelo é tão bom quanto o domínio do usuário sobre ele permite ser.

---

**Nomes significativos para variáveis:** as variáveis do modelo precisam ser bem documentadas. Via de regra, todas as variáveis com algum interesse para análise devem possuir um nome indicativo da sua função. Variáveis puramente internas, por outro lado, devem possuir nomes arbitrários. Uma prática comum é nomear a variável de saída de um bloco com “X+número do bloco” (*X0010* seria a saída arbitrária do bloco 10, e.g.).

**Parâmetros com nomes significativos e comentados:** use sempre parâmetros *DEFPAR* para se referir a constantes de tempo, contadores e outros ajustes ao invés de informar os valores explicitamente nos blocos. O uso de parâmetros confere ao modelo maior manutenibilidade ao concentrar em um único ponto do modelo a declaração dos parâmetros, preferencialmente sendo a primeira coisa a cada novo modelo. Use o espaço a direito de cada declaração para um breve comentário acerca da função daquele parâmetro. Organize os parâmetros em função das malhas em que eles atuam. Escolha nomes indicativos e que sejam de fácil leitura e memorização.

**Novos blocos:** verifique a existência de novos blocos para desempenhar funções complexas e específicas, como temporizadores e contadores ou funções de atraso. Novos blocos são disponibilizados a cada versão e tendem a representar funções que já poderiam ser representadas pelos blocos elementares, com a diferença de por estarem sendo processados internamente, tendem a ser mais estáveis computacionalmente, além de serem mais rápidos e também mais fáceis de serem usados. Durante o processo de confecção ou revisão dos modelos, considere a utilização de blocos mais novos, como é o caso dos blocos *DISMAX*, *MONEST*, *DELAYOF*, *CURVA* e outros.

**Parâmetros default para IMPORT e DEFVAL:** use o recurso para locais remotos de malhas secundárias e que não comprometem a simulação em sua ausência. O uso de parâmetro *default* desses elementos (parâmetro P2 do *IMPORT* e parâmetro d2 do *DEFVAL*) permite que, na ausência dos locais remotos da simulação, a simulação consiga prosseguir, assumindo um valor no lugar da medição. Não utilize esse recurso em locais remotos imprescindíveis ao modelo.

## 28.12 Códigos Relacionados

Definição de CDUs: *DCDU DTDU*

Associação de CDUs: *ACDU*

Associação de Conversores VSI: *DAVS*

Associação de Controle Automático de Geração: *DCAG*

Associação de Controle Centralizado de Tensão: *DCCT*

Associação de Compensadores Estáticos: *DCER*

Associação de Controladores Não Específicos: *DCNE*

Associação de Conversores CA-CC: *DCNV*

Associação de Compensadores Série: *DCSC*

Associação de Máquinas de Indução com Dupla Alimentação: *DDFM*

Associação de Elos CC: *DELO*

Associação de Fontes *Shunt* Controladas: *DFNT*

Associação de Geradores Eólicos Síncronos: *DGSE*

Associação de Cargas Dinâmicas: *DLDN*

Associação de OLTCs: *DLTC*

Associação de Máquinas Síncronas: *DMAQ*

Associação de Máquinas de Indução: *DMOT*

## Topologia de CDUs



A Topologia de *CDU* é um recurso criado para permitir que determinado *CDU* definido possa ser utilizado por mais de um equipamento, permitindo inclusive pequenas alterações em relação ao modelo básico (*DEFPAR*).

Originalmente, cada controlador definido por meio do código *DCDU* é único e portanto, controladores idênticos precisavam ser definidos em duplicidade. Historicamente, tal arranjo produziu situações em que um mesmo controlador era representado de forma diferente, por diferentes agentes, podendo ocasionar em problemas de modelagem.

O recurso apresentado aqui aumenta a confiabilidade dos modelos propostos uma vez que concentra, em um único lugar, a declaração da lógica de atuação do controle; desta forma, correções eventuais e aprimoramentos no modelo são replicados a todos os controladores que compartilham da mesma topologia.

---

**Dica:** Utilize o recurso da *Topologia de CDUs* sempre que precisar utilizar um mesmo controlador em mais de um equipamento. Esta prática aumenta a confiabilidade na modelagem dos equipamentos dinâmicos.

---

É facultado ainda, ao usuário, a alteração de parâmetros definidos pelo controlador, por meio das instruções *DEFPAR*. Estas declarações permitem que controladores possam compartilhar a mesma estrutura de blocos, mas diferir na forma de atuação, conferindo flexibilidade à ferramenta.

Para a definição de *CDUs* baseados em topologias, é necessária a utilização de dois códigos de execução (*DTDU* e *ACDU*) ao contrário da declaração convencional por *CDUs* (*DCDU*). Isto é, primeiro é necessário a definição da topologia, e em seguida, sua associação a um *CDU*.

---

**Nota:** A combinação dos códigos *DTDU* e *ACDU* tem o mesmo efeito prático da declaração única por meio do código *DCDU*.

---

**Atenção:** Para uma Topologia ser definida e associada, é preciso que:

- *Definição da topologia*: o *CDU* usado como Topologia esteja definido dentro de um código *DTDU* (os campos são idênticos de quando definido como CDU normal via *DCDU*).
- *Associação de uma Topologia* a um novo CDU (via código *ACDU*).
- O código *DTDU* pode ser dado em diversos momentos no código, mas o *ACDU* só pode ser dado após uma Topologia ter sido declarada.
- Códigos de Execução que possibilitam a associação do CDU com equipamentos (*DMAQ, DCNE, DCSC, DCER*, etc) só podem ser dados após o código *ACDU* correspondente ter sido declarado (de forma semelhante ao *DCDU*).
- O Código *DLOC* não precisa ser replicado, mas a utilização simples de uma Topologia que acesse um Local de Medição considera que todos os CDUs que vierem a ser criados a partir dela façam a leitura no mesmo lugar;
- Os códigos *ACDU* e *DTDU* não podem ser dados dentro de um arquivo em uma *Unidade Lógica #3*.
- A identificação definida no código de associação *ACDU* **compartilha** a mesma estrutura da identificação definida no código *DCDU*.
- A identificação de topologia definida no código *DTDU* **não compartilha** a mesma estrutura da identificação definida nos códigos *DCDU* e *ACDU*.

---

**Nota:** Um CDU de número 10 (no código *ACDU*) a partir de uma topologia de número 10 (no código *DTDU*) pode ser definido se e somente se **não existir um outro CDU** definido anteriormente com número 10 na forma convencional (no código *DCDU*).

---

## 29.1 Definição de Topologias de CDU

O primeiro passo para a utilização das estruturas de topologias de *CDU* no Anatem envolve a definição das mesmas. Este processo é semelhante à *definição do próprio controle em si*, por meio do código *DCDU* e entradas como *DEFPAR, DEFVAL* e *FIMCDU*, além dos *Blocos de CDU*.

Neste processo, consideramos o conceito de **controle básico**: um modelo genérico de controle que estará presente em diversos equipamentos. Os parâmetros definidos no **controle básico** por meio de *DEFPAR* próprio são, a princípio, compartilhados entre todos os controladores definidos a partir desta topologia, mas podem ser alterados caso necessário. As definições de *DEFVAL* e dos *Blocos de CDU*, contudo, não podem ser editadas durante a associação da topologia a novos controladores; naturalmente, essas declarações são afetadas por mudanças em parâmetros *DEFPAR*, podendo serem alterados seus comportamentos de forma indireta.

### 29.1.1 Definição de Parâmetros em uma Topologia de CDU

Em uma topologia, ao contrário dos controladores regulares, existem dois tipos de parâmetros que podem ser definidos: os parâmetros obrigatórios e os parâmetros opcionais. É encorajado que os usuários utilizem os dois tipos de parâmetros para melhor modelar os seus controles, dependendo da função de cada parâmetro nas malhas dos controladores.

#### Parâmetros opcionais

São todos aqueles parâmetros em que **não se é exigido** que o usuário, ao associar um novo CDU a esta topologia, redefina seu valor. No processo de modelagem dos controladores, são em geral parâmetros que não deveriam depender da escolha do usuário, estando codificados nesta forma apenas pela conveniência da modelagem.

Também podem ser considerados **parâmetros opcionais** aqueles parâmetros que usualmente se apresentam iguais ao valor típico de referência.

Para a definição de um **parâmetro opcional** em uma topologia, defina normalmente o parâmetro pelo comando *DEFPAR*, associando um valor numérico explícito a este parâmetro. Caso, durante a associação, este parâmetro não seja redefinido, o valor utilizado pelo novo CDU será aquele definido previamente na própria topologia.

---

**Nota:** Em geral, os parâmetros dos CDUs definidos em *DCDU* e depois convertidos a topologias pela mudança do código para *DTDU* são desta categoria.

---

---

**Dica:** Se um parâmetro é igual em valor à maioria das suas associações, então este parâmetro pode ser considerado como típico e pode ser modelado pela modelagem de **parâmetro opcional**.

---

#### Parâmetros obrigatórios

São todos aqueles parâmetros em que **se é exigido** que o usuário, ao associar um novo CDU a esta topologia, redefina seu valor. Via de regra, são parâmetros muito particulares de cada equipamento (como constantes de tempo de estabilizadores) e não são compartilhados entre os equipamentos.

A definição de parâmetros obrigatórios é importante para garantir que o usuário, ao utilizar uma topologia previamente estabelecida, tenha certeza de que preencheu os parâmetros mínimos necessários para implementar o controle.

---

**Dica:** Se um parâmetro é específico para cada aplicação, então este parâmetro deve ser modelado como parâmetro obrigatório. A utilização de parâmetros obrigatórios exige do usuário o preenchimento do dado, diminuindo erros de modelagem em função do esquecimento.

---

#### Ver também:

Veja a entrada *Definição de CDU* para mais informações acerca da definição de controladores CDU.

## 29.2 Associação de CDUs a Topologias

Os CDUs criados a partir de topologias são definidos por meio do código *ACDU*, possuindo diferentes réguas de preenchimento. Da mesma forma que com definições *DCDU*, a cada declaração de um novo controlador, deve-se adicionar o comando *FIMCDU*. O fechamento do código *ACDU* em si é realizado por meio do habitual *999999*. Usualmente, um controlador possui a seguinte ordem de declaração de dados: identificação -> *DEFPAR* -> *FIMCDU*.

### 29.2.1 Identificação

É a primeira informação de cada novo controlador, onde são dadas informações acerca da identificação deste controlador. A identificação numérica deve ser única a cada controlador e será a forma pela qual o usuário relacionará este controlador a outros equipamentos ou *Códigos de Execução*. A identificação alfanumérica é utilizada pelo programa na produção dos arquivos de saída, como os relatórios; não é requerido que esta identificação seja única, embora seja extremamente recomendado que a seja. É nessa etapa também que se identifica a topologia a partir da qual o CDU será criado.

Possui a seguinte régua:

<b>nctu</b>	Número de identificação do <i>CDU</i>
<b>ntop</b>	Número de identificação da topologia de <i>CDU</i> , definida no <i>DTDU</i>
<b>nome cdu</b>	Identificação alfanumérica do <i>CDU</i>

### 29.2.2 DEFPAR

Todos os parâmetros definidos internamente na topologia (*DTDU*) continuam válidos. A redefinição de parâmetros é permitida. Parâmetros opcionais dispensam a redefinição. Parâmetros obrigatórios exigem a redefinição.

#### Ver também:

Consulte a entrada *Definição de Parâmetros em uma Topologia de CDU* para mais informações acerca da definição de parâmetros obrigatórios e opcionais.

### 29.2.3 Blocos de CDU

O corpo de um CDU não pode ser alterado em relação a uma topologia básica.

### 29.2.4 DEFVAL

Não é permitido alterar declarações do tipo *DEFVAL*. É permitido, contudo, a mudança do parâmetro a qual o *DEFVAL* se referencia.

### 29.2.5 FIMCDU

Os CDUs devem ser finalizados por meio da declaração *FIMCDU*. O código *ACDU* deve ser finalizado com o comando *999999*.

## 29.3 Considerações para uma boa Modelagem de Topologias

Em linhas gerais, as mesmas regras utilizadas para *uma boa modelagem em CDUs* se aplicam também às topologias, uma vez que, naturalmente, estas também são CDUs. Existem, contudo, considerações adicionais em relação àquelas vistas no caso de CDUs específicos:

**Modelagem de malhas de lógicas adicionais:** a modelagem de topologias deve ser genérica. Em CDUs, não é recomendado modelar malhas que nunca serão habilitadas, mesmo que o modelo original prevesse a possibilidade de uso. Em topologias, a lógica é inversa, uma vez que o modelo deverá ser aplicado a diversos equipamentos e em alguma dessas situações, essas malhas podem vir a estar ativas. As mesmas regras acerca do **escopo** da simulação ainda se aplicam: não se deve representar malhas mais lentas e mais rápidas que àquelas relativas à análise de transitórios eletromecânicos.

**Uso de parâmetros opcionais e obrigatórios:** o uso dessas estruturas permite ao modelador delimitar no modelo aquilo que os usuários deverão fornecer para uso do program e aquilo que não precisam alterar. A definição se um parâmetro deve ser **opcional** ou **obrigatório**, contudo, requer ponderação por parte do modelador, que deve considerar os seguintes pontos:

- Parâmetros obrigatórios exigem o preenchimento por parte do usuário, aumentando a quantidade de dados que precisam ser fornecidos.
- Parâmetros opcionais dispensam o preenchimento dos dados, tornando os modelos mais acessíveis.
- O excesso de parâmetros obrigatórios torna o modelo de difícil acesso por parte dos usuários. Quando muitos dados precisam ser informados, os usuários podem se confundir onde cada parâmetro deve ser informado ou então acabar inventando valores apenas pela obrigação do preenchimento.
- O excesso de parâmetros opcionais permite que modelos sejam usados sem rigor, possibilitando que modelos mal-ajustados sejam incluídos nas simulações.

**Locais remotos:** utilize parâmetros obrigatórios para a definição de locais remotos em topologias. Locais remotos são definições específicas, cada controlador específico deverá utilizar locais remotos diferentes.

**Parâmetros como argumento d1 de DEFVAL:** utilize parâmetros (e não números explícitos) nas definições de *DEFVAL*. Declarações de *DEFVAL* não podem ser alteradas na associação de CDUs a topologias, mas o valor dos parâmetros pode. Utilize esse recurso para garantir maior flexibilidade ao modelo.

## 29.4 Tutorial sobre Topologia de CDU

Os procedimentos apresentados a seguir visam ilustrar o processo da modelagem de Topologias de Controladores Definidos pelo Usuário.

O exemplo apresentado se encontra dentro do exemplo 27 – TOPO\_CDU da pasta de Exemplos distribuída juntamente com a instalação do programa. O caso utilizado é o 2 Áreas do Kundur, original, com três excitatrizes diferentes modeladas via topologia:

- 0001 – Excitatriz Autoexcitada
- 0002 – Excitatriz Estática
- 0003 – Excitatriz Estática com Redutor de Ganho Transitório

O objetivo deste caso é, a partir de uma única definição de uma excitatriz, aplicar essa Topologia em 4 máquinas diferentes do sistema, sem precisar replicar o código do CDU.

## Como definir uma topologia

No caso exemplo, estão modeladas três topologias distintas de excitatrizes (autoexcitada, estática e estática com redutor de ganho transitório). Para o exemplo em questão, o objetivo está em aplicar às quatro máquinas presentes no caso, a excitatriz estática modelada (com algumas diferenças em seus parâmetros). Inicialmente, definiremos a topologia deste regulador pelo código *DTDU*:

Listagem 29.1: Exemplo de definição de uma topologia

```

1 DTDU
2 (ntop) ( nome topo)
3 0002 AVR_ESTATICA
4 (EFPAR (npar) ( valpar )
5 DEFPAR #Tr 0.01
6 DEFPAR #Ka 200.0
7 DEFPAR #Lmin -4
8 DEFPAR #Lmax 4
9 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
10 1 IMPORT VOLT ET
11 2 ENTRAD VREF
12 3 IMPORT VSAD VPSS
13 4 LEDLAG ET X4 1.0 1.0 #Tr
14 5 SOMA +VREF X5
15 -X4 X5
16 VPSS X5
17 6 GANHO X5 X6 #Ka
18 7 LIMITA X6 EFD LMIN LMAX
19 8 EXPORT EFD EFD
20 (DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )
21 DEFVAL LMIN #Lmin
22 DEFVAL LMAX #Lmax
23 FIMCDU
24 999999

```

Note que a sua formatação é idêntica a um CDU convencional, com exceção do Código de Execução utilizado, naturalmente. Parâmetros e valores de variáveis são definidos normalmente e são considerados valores *default* para a topologia.

## Como criar um CDU a partir de uma topologia

A topologia definida, contudo, ainda não foi associada. Se em um *DMAQ*, por exemplo, for informado o CDU 0002 como um regulador, o Anatem irá relacionar a máquina com o CDU declarado com este número. Como a numeração de topologia (*DTDU*) e de CDU (*DCDU*) são independentes, o Anatem deverá apresentar erro na associação. ‘ Para utilizar a topologia, é preciso criar um novo CDU baseado nesta topologia, por meio do comando *ACDU*; neste comando, associa-se a topologia a um novo CDU, como se este tivesse sido definido sob comando *DCDU*, conforme o exemplo abaixo:

Listagem 29.2: Exemplo de associação de novos CDUs a uma topologia

```

1 ACDU
2 (ncdu) (ntop) ( nome cdu )
3 0002 2 AVRMAQ2
4 FIMCDU
5 (ncdu) (ntop) ( nome cdu )
6 0004 2 AVRMAQ4
7 FIMCDU
8 999999

```

Neste exemplo, o código *ACDU* gerará os CDUs de número 0002 e 0004 idênticos à topologia definida previamente com número 2. Esses novos controladores terão como nome “AVRMAQ2” e “AVRMAQ4”, respectivamente.

### Como alterar parâmetros de uma topologia

Além da definição de novos controles idênticos a uma topologia de referência, é permitido também a alteração dos parâmetros definidos desta topologia (*DEFPAR*). Nenhum outro componente da topologia pode ser alterado dentro do código *ACDU*.

Listagem 29.3: Exemplo de associação de novos CDUs a uma topologia, com alteração de parâmetro

```

1 ACDU
2 (ncdu) (ntop) ( nome cdu )
3     1     2 AVRMAQ1
4 (EFPAR (nome) ( valor )
5 DEFPAR #Ka 190.0
6 FIMCDU
7 (ncdu) (ntop) ( nome cdu )
8     3     2 AVRMAQ3
9 (EFPAR (nome) ( valor )
10 DEFPAR #Tr 0.015
11 FIMCDU
12 999999

```

Neste exemplo, o código *ACDU* gerará um CDU de número 0001, baseando-se na topologia de número 0002, dando a este CDU o nome de “AVRMAQ1” e alterando o *DEFPAR* do parâmetro #Ka de 200,0 para 190,0. Definição análoga também acontece com o CDU 0003.

**Erro:** Um parâmetro definido via *ACDU* precisa estar definido previamente no *DTDU*. Parâmetros novos em *ACDU* são considerados erros. Um parâmetro usado dentro da topologia (*DTDU*) e não declarado na mesma (por *DEFPAR*) causará um erro.

### Declaração equivalente sem topologia

As declarações *DTDU* e *ACDU* têm o mesmo efeito prático da seguinte declaração por *DCDU*. Em destaque, se encontram as linhas com alteração nos parâmetros em relação a definição da topologia:

Listagem 29.4: Exemplo de declaração de CDU equivalente, sem topologia

```

1 DCDU
2 (ntop) ( nome topo)
3 0001 AVRMAQ1
4 (
5 (EFPAR (npar) ( valpar )
6 DEFPAR #Tr 0.01
7 DEFPAR #Ka 190.0
8 DEFPAR #Lmin -4
9 DEFPAR #Lmax 4
10 (
11 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
12 1 IMPORT VOLT ET
13 2 ENTRAD VREF
14 3 IMPORT VSAD VPSS

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

15 4 LEDLAG      ET      X4      1.0      1.0      #Tr
16 5 SOMA        +VREF   X5
17           -X4     X5
18           VPSS   X5
19 6 GANHO      X5      X6      #Ka
20 7 LIMITA     X6      EFD           LMIN    LMAX
21 8 EXPORT EFD  EFD
22 (DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )
23 DEFVAL      LMIN  #Lmin
24 DEFVAL      LMAX  #Lmax
25 FIMCDU
26 (ntop) ( nome topo)
27 0002 AVRMAQ2
28 (
29 (EFPAR (npar) ( valpar )
30 DEFPAR #Tr      0.01
31 DEFPAR #Ka     200.0
32 DEFPAR #Lmin   -4
33 DEFPAR #Lmax    4
34 (
35 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
36 1 IMPORT VOLT      ET
37 2 ENTRAD          VREF
38 3 IMPORT VSAD     VPSS
39 4 LEDLAG      ET      X4      1.0      1.0      #Tr
40 5 SOMA        +VREF   X5
41           -X4     X5
42           VPSS   X5
43 6 GANHO      X5      X6      #Ka
44 7 LIMITA     X6      EFD           LMIN    LMAX
45 8 EXPORT EFD  EFD
46 (DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )
47 DEFVAL      LMIN  #Lmin
48 DEFVAL      LMAX  #Lmax
49 FIMCDU
50 (
51 (ntop) ( nome topo)
52 0003 AVRMAQ3
53 (
54 (EFPAR (npar) ( valpar )
55 DEFPAR #Tr      0.015
56 DEFPAR #Ka     200.0
57 DEFPAR #Lmin   -4
58 DEFPAR #Lmax    4
59 (
60 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
61 1 IMPORT VOLT      ET
62 2 ENTRAD          VREF
63 3 IMPORT VSAD     VPSS
64 4 LEDLAG      ET      X4      1.0      1.0      #Tr
65 5 SOMA        +VREF   X5
66           -X4     X5
67           VPSS   X5
68 6 GANHO      X5      X6      #Ka
69 7 LIMITA     X6      EFD           LMIN    LMAX
70 8 EXPORT EFD  EFD

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

71 (DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )
72 DEFVAL      LMIN  #Lmin
73 DEFVAL      LMAX  #Lmax
74 FIMCDU
75 (ntop) ( nome topo)
76 0004 AVRMAQ4
77 (
78 (EFPAR (npar) ( valpar  )
79 DEFVAR #Tr      0.01
80 DEFVAR #Ka      200.0
81 DEFVAR #Lmin    -4
82 DEFVAR #Lmax    4
83 (
84 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
85 1 IMPORT VOLT      ET
86 2 ENTRAD          VREF
87 3 IMPORT VSAD     VPSS
88 4 LEDLAG          ET   X4      1.0      1.0  #Tr
89 5 SOMA            +VREF X5
90                  -X4   X5
91                  VPSS  X5
92 6 GANHO           X5   X6      #Ka
93 7 LIMITA          X6   EFD      LMIN  LMAX
94 8 EXPORT EFD      EFD
95 (DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )
96 DEFVAL      LMIN  #Lmin
97 DEFVAL      LMAX  #Lmax
98 FIMCDU
99 999999

```

---

**Dica:** Utilize a estrutura de topologia para aumentar a legibilidade do banco de dados e redução do seu custo de manutenção!

---

## 29.5 Códigos Relacionados

Definição de Topologias: *DTDU*

Associação de CDUs a Topologias: *ACDU*



## Controladores Não Específicos



Usualmente, *CDUs* são associados a equipamentos específicos, como os *reguladores de tensão e velocidade de máquinas síncronas* e os *controladores de elos CC*. Ao serem associados a um equipamento, os *CDUs* são incluídos na lista de controladores a serem resolvidos durante o *processo de solução do programa*.

Qualquer outro *CDU* que tenha sido definido, mas não associado, não é solucionado no programa, sendo considerado **desligado** para efeitos de solução.

Contudo, alguns tipos de controles que podem ser de interesse em um sistema de potência, como controles centrais, controles mestres ou sistemas especiais de proteção, não são associados a nenhum equipamento específico, possuindo, na verdade, múltiplas conexões com outros controladores presentes no caso. Para a inclusão destes equipamentos, utilize a estrutura de **controladores não específicos** (código *DCNE*).

Controladores não específicos são aqueles controladores que, embora não estejam associados a nenhum equipamento, são considerados ativos para efeitos do processo de solução.

**Atenção:** Por não estarem associados diretamente a nenhum equipamento, todos os *Bloco IMPORT* e *Bloco EXPORT* devem possuir *local remoto* para medição.

### 30.1 Associação de Controladores Não Específicos

Os **Controladores Não Específicos** são controladores não associados a nenhum outro equipamento, mas com interesse na simulação por servirem de controle centralizado e referência externa para diversos outros componentes do sistema.

Para associação de **controladores não específicos**, utilize o código *DCNE* que possui a seguinte régua:

<b>Nc</b>	Número de identificação do Controlador Não Específico ao qual deverá ser associado o respectivo modelo.
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo de Controlador Não Específico, como definido no campo <i>CDU</i> dos códigos de execução <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> . Nesta versão, o modelo de Controlador Não Específico só pode ser do tipo definido pelo usuário.
<i>u</i>	Letra <i>U</i> , pois o modelo de Controlador Não Específico só pode ser definido pelo usuário através dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> .

**Atenção:** Como os **controladores não específicos** não estão associados a nenhum equipamento, é necessária a utilização de *locais remotos de medição* para os *Bloco IMPORT* e *Bloco EXPORT*.

## 30.2 Códigos Relacionados

Definição de Topologias: *DTDU*

Associação de CDUs a Topologias: *ACDU*

Definição de CDUs: *DCDU*

Associação de CDUs não específicos: *DCNE*

## Algoritmos para Desligamento de Malha Inativa em CDU



O objetivo principal dos algoritmos está em identificar nas malhas de CDU, aquelas que, se não atualizadas, não impactarão no resultado da simulação. As malhas de controle podem representar lógicas de atuação não utilizadas durante a simulação, seja por meio de seletores, seja por meio de ganhos nulos. Malhas de inicialização também são comumente utilizadas, bem como malhas para visualização de curvas.

Se essas estruturas são úteis de se ter em momentos específicos, principalmente para depuração do modelo ou análise mais profunda do comportamento daquela fonte geradora, na maior parte do tempo o processamento despendido em tais ramos é desnecessário para a simulação como um todo.

Cinco algoritmos de busca em grafo foram implementados no Anatem para a busca de malhas inativas. Esses algoritmos são ativados quando as opções *OTM1* a *OTM5* estão habilitadas junto ao código de execução *EXSI* (em qualquer combinação das mesmas). É recomendado ao usuário que se utilize outra opção, *OTMX*. Esta opção deverá sempre ativar os algoritmos de otimização recomendados pela equipe de desenvolvimento; e portanto esta opção variará em efetividade conforme novas versões do programa são lançadas. Na versão 11.4.0 do Anatem, a opção *OTMX* considera os algoritmos *OTM3* e *OTM4*. A partir versão 11.5.0 do Anatem, esta mesma opção ativa além destas, a opção *OTM5*.

Quando utilizado, o algoritmo informa automaticamente o número de blocos que foram desligados no relatório *OUT*. Para uma descrição mais completa do que foi desligado, utilize a opção *OTMX* junto do código *RELA*. Será emitida uma compilação de todos os blocos que foram desligados devido a qualquer um dos algoritmos.

---

**Dica:** Utilize a opção *OTMX* para simulações que envolvam o SIN. Essa opção é particularmente efetiva quando se utiliza modelos dinâmicos para eólicas e fotovoltaicas.

---

## 31.1 Definições acerca dos Algoritmos

Faz-se necessário definir alguns termos que serão utilizados na descrição dos algoritmos de desligamento de malhas em CDU.

### Malha Inativa

Malha cuja atualização em suas variáveis não altera a resposta do controlador, como é o caso das malhas que representam lógicas adicionais, mas desabilitadas, em controladores associados a equipamentos com eletrônica de potência.

### Ramo de Entrada

Cadeia de blocos contada a partir de bloco *ENTRAD* (*forward*), cujos valores de saída são consequência exclusiva blocos do tipo *ENTRAD*. Esses blocos apresentam valores constantes durante a simulação e não serão modificados por eventos como *TCDU*.

### Ramo de Saída

Cadeia de blocos contada a partir de bloco *Bloco SAIDA* (*backward*), cujos valores só influenciam terminadores do tipo *SAIDA*. São também blocos que não se deseja visualizar as variáveis de saída no *Arquivo de Plotagem de Sinais*.

### Potencialmente Ativo

Blocos cuja inatividade ainda não foi determinada. Todos os blocos são potencialmente ativos no início.

### Certamente Ativo

Blocos cuja atividade foi determinada por algum algoritmo de busca de malha ativa.

### Certamente Inativo

Blocos cuja inatividade foi determinada por algum algoritmo.

Todos os blocos são, inicialmente, *Potencialmente Ativo*, e aqueles blocos cujas entradas são todas *Certamente Inativo* ou todas as saídas são *Certamente Inativo* são marcados como blocos inativos. Blocos também podem ser marcados como *Certamente Ativo* por um algoritmo de busca de malha ativa (*OTMI*).

## 31.2 OTM3 - Detecção de malha inativa a partir de ramo de entrada com etapa *backward* (*forward* / *backward*)

Blocos de *ENTRAD* são blocos que mantém seu valor constante durante a simulação. Desta forma, não apenas esses blocos, mas todos aqueles conectados a este, como regra geral, não terão suas variáveis de estado alteradas (*Ramo de Entrada*).

O algoritmo de código *OTM3* pode ser dividido em duas etapas: a primeira tem por objetivo detectar, a partir dos ramos de entrada, os blocos que podem ser desabilitados; a segunda, a partir de blocos seletores, desabilitar os canais que não serão utilizados para compor a saída.

### 31.2.1 Etapa *forward*

Uma busca é feita em sentido *forward* (primeira etapa) a partir dos blocos *ENTRAD* do controle em direção aos terminadores *SAIDA/EXPORT*, marcando cada bloco encontrado como *Certamente Inativo*, se e somente se todas as suas entradas são *Certamente Inativo* também. Por causa disso, os seguintes critérios de parada para a varredura da etapa *forward* podem ser definidos:

- Bloco terminador (*SAIDA/EXPORT*) alcançado;
- Bloco *Certamente Ativo* alcançado;
- Bloco *Certamente Inativo* alcançado;
- Bloco com **múltiplas entradas** com *ao menos* uma entrada *Certamente Ativo* ou *Potencialmente Ativo*.
  - Com a exceção dos blocos *SELET2* e *S/HOLD*.

### 31.2.2 Etapa *backward*

Quando a varredura do algoritmo alcança um bloco do tipo *SELET2* ou *S/HOLD*, a segunda etapa do algoritmo é acionada. Através de busca em sentido *backward*, do bloco seletor para os terminadores *ENTRAD/IMPORT*, o algoritmo marca cada bloco como *Certamente Inativo*, se e somente se todos os blocos conectados a sua saída (saída compartilhada) forem *Certamente Inativo* também. Os seguintes critérios de parada para uma varredura da etapa *backward* podem ser definidos:

- Bloco terminador (*ENTRAD/IMPORT*) alcançado;
- Bloco *Certamente Ativo* alcançado;
- Bloco *Certamente Inativo* alcançado;
- Blocos com ao menos um bloco, conectado a sua saída, *Certamente Ativo* ou *Potencialmente Ativo*.

### 31.2.3 Exemplo

A Fig. 31.1 ilustra um trecho do CDU em que é possível observar a inatividade (em destaque) sendo determinada pelo algoritmo *OTM3*. Uma vez que o bloco (55) tem a sua entrada seletora determinada como *Certamente Inativo* pelo algoritmo, o algoritmo determina que o bloco (54) será *Certamente Inativo* uma vez que se encontra conectado à entrada determinada como desligada pela etapa *backward* do algoritmo. Recursivamente, os blocos (20) e (14) também serão considerados *Certamente Inativo*.

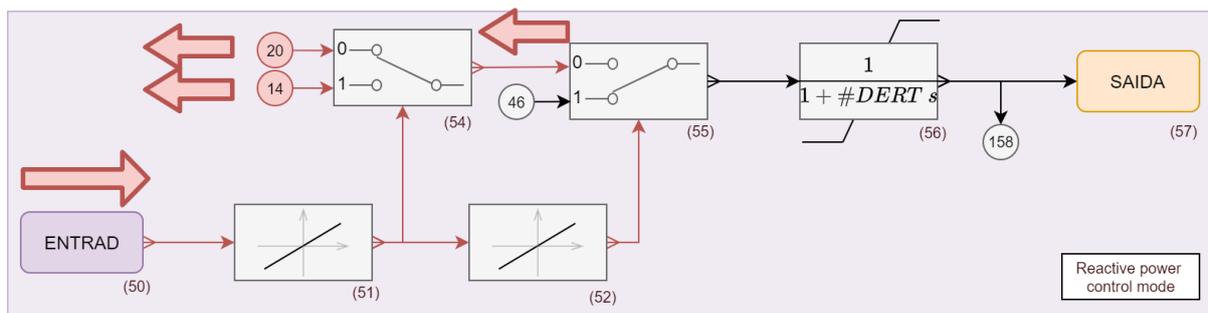


Fig. 31.1: Análise do algoritmo *OTM3* num excerto de CDU

**Nota:** As conexões em vermelho representam aquelas conexões que são certamente inativas, as em preto são potencialmente ativas.

## 31.3 OTM4 - Detecção de malha inativa a partir de ramo de saída (*backward*)

Blocos do tipo *SAIDA* são blocos terminadores cuja função reside, principalmente, em manter uma estrutura de blocos, sem participação nas saídas efetivas do controle (blocos *EXPORT*), mas sem requerer a remoção dessas malhas que não estão sendo utilizadas. Se esses blocos são irrelevantes para a simulação, os blocos que conectam à sua entrada também o devem ser *Ramo de Saída*.

O algoritmo de código *OTM4* tem por objetivo detectar, a partir dos sinais de *SAIDA*, malhas que podem ser desabilitadas. Para isto, o CDU é varrido em sentido *backward*, marcando os blocos como certamente inativos se e somente se todos os blocos conectados a sua saída (saída compartilhada) forem certamente inativos também. O algoritmo *OTM4*, portanto, possui a mesma lógica de varredura que da etapa *backward* do algoritmo *OTM3*. Assim, os seguintes critérios de parada para uma varredura em *backward* podem ser definidos:

- Bloco terminador (*ENTRAD/IMPORT*) alcançado;
- Bloco *Certamente Ativo* alcançado;

- Bloco *Certamente Inativo* alcançado;
- Blocos com ao menos um bloco, conectado a sua saída, *Certamente Ativo* ou *Potencialmente Ativo*.

### 31.3.1 Exemplo

A Fig. 31.2 ilustra um trecho do CDU em que é possível observar a inatividade sendo determinada a partir da SAIDA em três ocasiões.

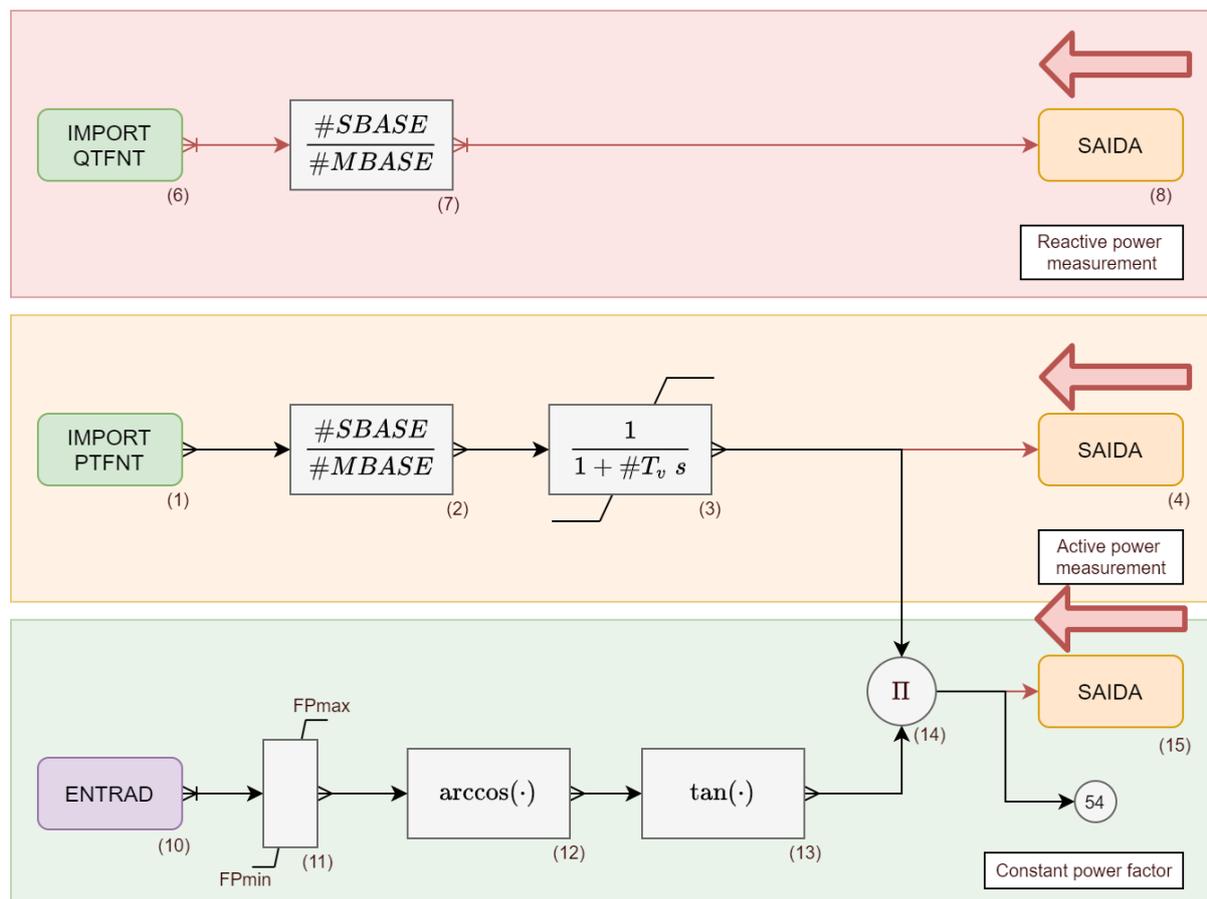


Fig. 31.2: Análise do algoritmo *OTM4* num excerto de CDU

A partir do bloco (8), a busca consegue alcançar com sucesso um bloco terminador (6), desabilitando todos os blocos pelo caminho. A partir dos blocos (4) e (15), contudo, blocos com saída compartilhada a bloco *Potencialmente Ativo* (14); este bloco está conectado ao bloco (54), que não teve sua inatividade observada por este algoritmo.

**Nota:** As conexões em vermelho representam aquelas conexões que são certamente inativas, as em preto são potencialmente ativas.

## 31.4 OTM5 - Detecção de malha inativa a partir de ramo com ganho nulo (*backward*)

Em algumas situações, é do interesse do modelador incluir malhas de controle, mas cujas contribuições não serão consideradas durante a simulação. Para tanto, uma prática comum reside na aplicação de blocos *GANHO* com parâmetro nulo.

O algoritmo *OTM5* segue a mesma lógica de busca do algoritmo *OTM4*, diferindo do ponto de partida. Para o algoritmo *OTM5*, o interesse está em buscar ramos que podem ter sua dinâmica desprezada, uma vez que a saída do bloco de origem será sempre 0. Os seguintes critérios de parada para uma varredura em *backward* podem ser definidos:

- Bloco terminador (*ENTRAD/IMPORT*) alcançado;
- Bloco *Certamente Ativo* alcançado;
- Bloco *Certamente Inativo* alcançado;
- Blocos com ao menos um bloco, conectado a sua saída, *Certamente Ativo* ou *Potencialmente Ativo*.

## 31.5 OTMX - Algoritmo composto para detecção de malha inativa (*forward/backward*)

O objetivo do algoritmo *OTMX* está na aplicação simultânea dos melhores algoritmos desenvolvidos para detecção de malhas inativas pela equipe de desenvolvimento do Anatem. É, portanto, a opção recomendada para uso cotidiano e poderá gerar resultados diferentes ao longo das versões a serem lançadas. Na versão 11.4, essa opção consistia na aplicação dos algoritmos *OTM3* e *OTM4*. Na versão 11.5, essa opção ativa também o algoritmo *OTM5*.

No caso, os algoritmos *OTM3*, *OTM4* e *OTM5* podem ser aplicados simultaneamente em um controle. Quando isto é feito, as regras de busca de malhas inativas permitem que novos blocos sejam detectados. Não existe sobreposição nos algoritmos; blocos detectados como inativos por um algoritmo são pontos de parada para o outro algoritmo. É, portanto, inesperado que o tempo de detecção de malhas inativas seja alto. O resultado dessa combinação é que novos ramos de blocos devem ser analisados quanto a sua inatividade, sem que seja comprometido o tempo de execução do algoritmo como um todo.

### 31.5.1 Exemplo

Tomando os excertos presentes nas Fig. 31.1 e Fig. 31.2, seria de se esperar que o algoritmo *OTMX*, por combinar ambos os algoritmos, fosse capaz de encontrar união dos conjuntos de blocos inativos encontrados pelos algoritmos individualmente. Contudo, conforme exposto, novos caminhos de busca podem surgir quando mais e mais blocos são detectados como inativos. Nos exemplos apontados, os blocos (15) e (54) são detectados como inativos, cada um por um algoritmo diferente. Na Fig. 31.3, é possível observar que pela inatividade desses blocos, o bloco (14) foi determinado como inativo, e em seguida todas as duas malhas modeladas serão detectadas como inativas.

---

**Nota:** As conexões em vermelho representam aquelas conexões que são certamente inativas, as em preto são potencialmente ativas.

---

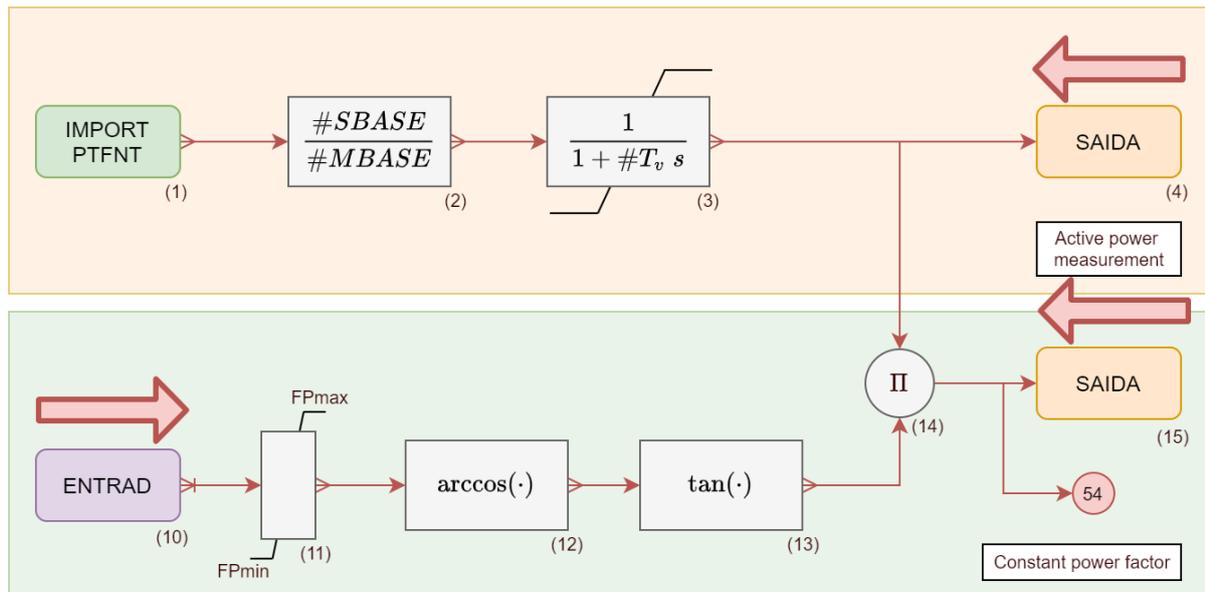


Fig. 31.3: Análise do algoritmo *OTMX* num excerto de CDU

## 31.6 Desempenho e Impacto dos Algoritmos

Para se avaliar o desempenho computacional devido aos algoritmos, aplicou-se em dois casos de estabilidade os algoritmos propostos (*OTM3*, *OTM4*, *OTM5* e *OTMX*). São os casos:

**Reduzido:** caso de referência de estabilidade eletromecânica do SIN de Novembro de 2017

**Completo:** caso de referência de estabilidade eletromecânica do SIN de Novembro de 2017 com modelos dinâmicos de parques eólicos e parques fotovoltaicos

Os casos foram avaliados quanto ao tempo de simulação e quantidade de blocos desligados, frente a uma simulação de curto-monofásico em Mossoró II (barra 5441) com desligamento da linha (5441-5461 / Mossoró II – Açú II) e extinção do curto em 100 ms. Não foram provocados eventos em blocos do tipo *ENTRAD* e não foram pedidas plotagem de variáveis de CDU. Todos os testes foram realizados nas versões 11.4.0 e 11.5.0 do programa, em ambiente computacional dedicado com sistema operacional Linux, com múltiplas execuções de cada combinação de cenário/algoritmo. A diferença entre as versões reside no algoritmo *OTM5* introduzido na versão 11.5.0.

### 31.6.1 Métricas

Define-se a expressão de *speedup* a ser utilizada como métrica para o desempenho dos algoritmos:

$$S = \frac{E[t]}{E[t]_{w/otm}} - 1$$

sendo:

<b>E[t]</b>	Esperança do tempo de simulação
<b>S</b>	Speedup observado

É possível ainda definir *speedup* máximo teórico ( $S_{max}$ ), estimado a partir da divisão entre o número de blocos desabilitados pelo algoritmos e o número de blocos ativos. São premissas deste indicador:

- O tempo de processamento de cada bloco é aproximadamente o mesmo;
- O tempo despendido com o processamento de controles em CDU é elevado o suficiente para se desconsiderar o tempo gasto com processamento de modelos *built-in* e com rede.
- A remoção desses blocos não altera a trajetória de convergência do método.

### 31.6.2 Resultados

As tabelas a seguir apresentam os resultados da simulação dos casos propostos, sendo  $E[t]$  o valor esperado e  $\sigma[t]$  o desvio padrão dos tempos encontrados.

Tabela 31.1: Alcance dos algoritmos de detecção de malhas inativas (número de blocos)

	Blocos Detectados					Blocos no caso
	otm3	otm4	otm5	otmx (11.4)	otmx (11.5)	sem otm
<b>Caso reduzido</b>	3.865	795	492	4.568	5.066	49.704
<b>Caso completo</b>	14.893	6.287	1.105	19.008	19.812	128.512

Tabela 31.2: Impacto dos algoritmos de detecção de malhas inativas para o sistema reduzido

Sistema Reduzido	otm3	otm4	otmx 11.4	sem otm
<b>E[t]</b>	06:30,381	06:35,455	06:30,132	06:36,129
$\sigma[t]$	00:01,292	00:02,038	00:00,771	00:02,897
<b>S</b>	1,50%	0,20%	1,50%	-
<b>Smax</b>	7,80%	1,60%	9,20%	-

Tabela 31.3: Impacto dos algoritmos de detecção de malhas inativas para o sistema completo

Sistema Completo	otm3	otm4	otmx 11.4	sem otm
<b>E[t]</b>	15:58,078	17:02,081	15:34,918	17:36,530
$\sigma[t]$	00:02,728	00:03,080	00:02,213	00:03,564
<b>S</b>	10,30%	3,40%	13,00%	-
<b>Smax</b>	11,60%	4,90%	14,80%	-

Os algoritmos de detecção de malhas inativas foram capazes de reduzir o tempo de simulação em ambos os casos, sendo recomendado o seu uso corriqueiro. O algoritmo ainda produz um relatório (RELA OTMX) informando os blocos de CDU que foram desabilitados, como na [Listagem 31.1](#).

Listagem 31.1: Excerto do relatório de blocos em malhas inativas gerado pelos algoritmos

```

X-----X
| RELATÓRIO DE BLOCOS EM MALHAS INATIVAS |
| CONTROLADOR                BLOCO      |
| Número  Nome do CDU        Número  Variável|
X-----X-----X-----X-----X
      101      RT_ANGRA2                1      VREF
                                           42     VRMAX1
(...)
Número de blocos desligados durante otimização: 19812

```

## 31.7 Trabalhos Relacionados

Confira também os seguintes trabalhos desenvolvidos pela equipe *Anatem*:

- Algorithm to Mitigate User Defined Control Overblown Detailing Impact on Electromechanical Transient Stability<sup>1</sup>

## 31.8 Códigos Relacionados

O algoritmo de otimização é uma opção (*OTMX*) a ser aplicada a códigos de execução pertinentes:

Relatório de blocos desligados: *RELA OTMX*

Aplicação do algoritmo ao caso: *EXSI OTMX*

Novo na versão 12.5.0: O bloco *SERIET* tem o mesmo comportamento do bloco *ENTRAD* para efeitos dos algoritmos descritos nessa seção.

<sup>1</sup> Nicolas Abreu Rocha Leite Netto, Ligia R Silva, Fabricio Lucas Lirio, and Vinicius Gonçalves Lopes. Algorithm to Mitigate User Defined Control Overblown Detailing Impact on Electromechanical Transient Stability. In *XIV Symposium of Specialists in Electric Operational and Expansion Planning - SEPOPE*. Recife, 2018.

## Mensagens Personalizadas pelo Usuário em CDUs



Devido a sua natureza, o *Anatem* é um programa que emite mensagens relativas a ocorrências geradas na simulação de eventos em sistemas de potência. Por exemplo, quando o número de unidades de um equipamento (como o número de unidades de geradores síncronos) é alterado em uma simulação (seja pela atuação de controladores ou pela atuação de eventos), uma mensagem é emitida nos arquivos *OUT* e *LOG*.

Existem situações, contudo, que é de interesse dos usuários que mensagens sejam emitidas sem que tenham havido alterações sistêmicas. Em geral, essas situações dizem respeito ao comportamento específico dos controles, podendo antever a condições especiais de operação. É comum, por exemplo, o interesse em saber quando malhas específicas de um controle entraram em operação.

Via de regra, essas condições serão dadas quando limitadores forem atingidos, sejam pelo bloco *LIMITA*, sejam pelos limites dinâmicos de blocos como *LEDLAG*.

É permitida ao usuário a criação de mensagens personalizadas para emissão pelo programa quando alguma condição monitorada se mostrar verdadeira. Para a utilização deste recurso, é necessário a utilização do bloco de CDU *ALERTA* e também pelo código de definição de mensagens *DMSG*.

Diversas expressões coringas foram implementadas para auxiliar o usuário na confecção de mensagens que possam ser utilizadas em mais de um controlador. Essas expressões assumem valores diferentes, em tempo de execução, em função da localização do *Bloco ALERTA*.

---

**Dica:** Utilize as expressões coringas no código *DMSG* para aumentar a generalidade da mensagem personalizada e sua aplicabilidade.

---

## 32.1 Definição de Mensagens Personalizadas

As mensagens personalizadas devem ser definidas no código *DMSG* e são utilizadas pelo *Bloco ALERTA* para emitir avisos durante a simulação no arquivo de relatório (*OUT*) e no log de mensagens de simulação (*LOG*).

**Dica:** Uma mesma mensagem pode ser utilizada por múltiplos blocos.

Para a utilização do comando *DMSG*, os seguintes campos podem ser preenchidos:

<b>Lc</b>	Número de identificação da mensagem
<b>Mensagem a ser exibida</b>	Mensagem a ser emitida por blocos <i>ALERTA</i>

### 32.1.1 Expressões Coringas

O *Anatem* dispõe de algumas expressões a serem utilizadas no código *DMSG* que possuem valor determinado durante a simulação, em função da localização do bloco. Essas expressões são úteis para a generalização das mensagens, permitindo que uma mesma mensagem seja utilizada em mais de um ponto do sistema, ao mesmo tempo em que apresenta razoável grau de detalhamento.

Estão definidas as seguintes expressões coringas:

Expressão	Significado
%vent%	Nome da variável de entrada do bloco
%nb%	Número do bloco
%nome_do_cdu%	Número do bloco
%ncdu%	Número do CDU
%trns%	Transição observada ("0 -> 1" ou "1 -> 0")

Além dessas expressões que podem ser utilizadas, o *Anatem* sempre informa o instante em que a mensagem foi enviada. Por exemplo, o trecho de código a seguir produz a mensagem abaixo:

```
DMSG
(Lc) ( Numero da mensagem
0001 Variável %vent% atingiu o limite superior (bloco: %nb%, CDU: %nome_
->do_cdu% /nº: %ncdu% )
999999
```

```
T= 1.6500s Variável Y4MAX atingiu o limite superior (bloco: 12, CDU:
->Bloco_Alerta /nº: 1 )
```

Note ainda que o texto a expressão coringa é substituída por uma *string* de igual tamanho. Ou seja, a expressão que substituirá %vent% sempre será de 6 caracteres, ainda o nome da variável original não apresente tantos caracteres.

**Atenção:** A expressão coringa é *case sensitive*. Ou seja, %VENT% não será interpretado pelo *Anatem* como a expressão coringa %vent% e será impresso de forma literal.

### 32.1.2 Utilização do bloco ALERTA

O valor informado no campo *Lc* do código *DMSG* se refere ao identificador utilizado nos parâmetros P1 e/ou P2 do *Bloco ALERTA*.

O *Bloco ALERTA* emite uma mensagem em duas ocasiões: quando o sinal de entrada transita de Falso (0) para Verdadeiro (1); e quando o sinal de entrada transita de Verdadeiro (1) para Falso (0). A transição 0->1 é regulada pelo preenchimento do parâmetro P1 e a transição 1->0 é regulada pelo preenchimento do parâmetro P2.

Para ambos os parâmetros, existem as seguintes possibilidades de preenchimento.

**Parâmetro P1/P2 em branco:** neste caso, a detecção da referida transição é desabilitada e nenhuma mensagem é emitida.

**Parâmetro P1/P2 igual a 0:** neste caso, é utilizada a mensagem padrão do programa.

**Parâmetro P1/P2 maior do que 0:** neste caso, é utilizada a mensagem definida previamente no campo *Lc* do código *DMSG*.

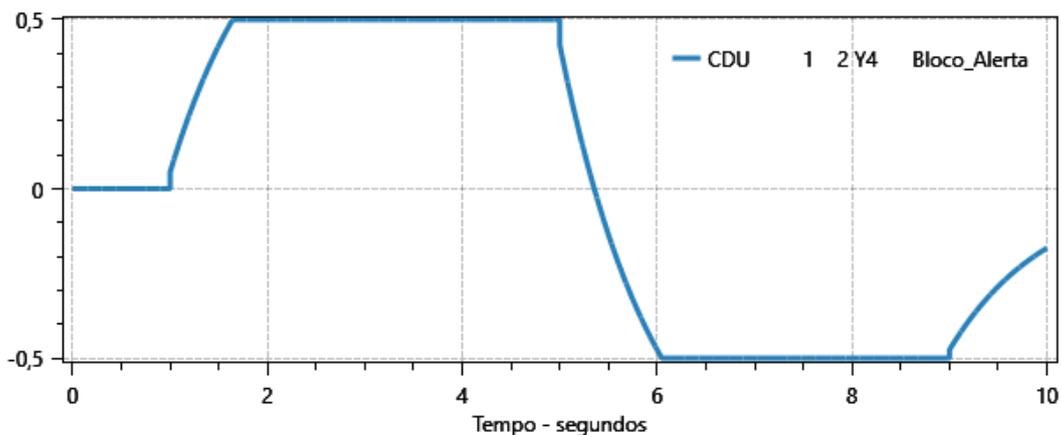
Quando um dos parâmetros está preenchido com 0, a seguinte mensagem é emitida na detecção da transição:

ALERTA: Detectada transição %trns% em %vent% no bloco %nb% do CDU %nome\_do\_<br/>→cdu% de número %ncdu%.

É necessário que ao menos um dos parâmetros P1 ou P2 estejam preenchidos (com 0 ou valor superior).

### 32.1.3 Exemplo de Utilização

Para o sinal abaixo, suponha que dois blocos *ALERTA* estejam monitorando se os limites superior (Y4MAX) ou inferior (Y4MIN) de 0,5 e -0,5, respectivamente, foram atingidos pelo sinal Y4, conforme a figura a seguir:



Para este sinal, as seguintes mensagens foram emitidas por blocos *ALERTAs* com P1 e P2 iguais a 0:

```
T= 1.6500s ALERTA: Detectada transição 0 -> 1 em Y4MAX no bloco 13 do_
→CDU Bloco_Alerta de número 1.
T= 5.0000s ALERTA: Detectada transição 1 -> 0 em Y4MAX no bloco 13 do_
→CDU Bloco_Alerta de número 1.
T= 6.0500s ALERTA: Detectada transição 0 -> 1 em Y4MIN no bloco 23 do_
→CDU Bloco_Alerta de número 1.
T= 9.0000s ALERTA: Detectada transição 1 -> 0 em Y4MIN no bloco 23 do_
→CDU Bloco_Alerta de número 1.
```

## 32.2 Tutorial sobre Mensagens Personalizadas

O exemplo apresentado ilustra a utilização das mensagens personalizadas pelo usuário, e podem ser reproduzidos pelo usuário com a utilização do modo *ANAC*.

### Utilização do bloco ALERTA

Inicialmente, podemos definir um controlador de CDU que utiliza o *Bloco ALERTA*, como o trecho a seguir:

Listagem 32.1: Exemplo de utilização de um CDU com blocos *ALERTA*

```

1 DCDU
2 (-----)
3 (ncdu) ( nome cdu )
4     1 Bloco_Alerta
5 (-----)
6 (EFPAR (npar) (   valpar   )
7 DEFPAR #LMAX           0.5
8 DEFPAR #LMIN          -0.5
9 DEFPAR #T              1.0
10 (-----)
11 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
12 0001 ENTRAD          V
13 0002 LDLAG2          V      Y4      1.0 0.05  1.0#T  LMIN  LMAX
14 0003 SAIDA           Y4
15 0010 ENTRAD          MAX
16 0011 COMPAR .EQ.    MAX      Y4MAX
17                      Y4      Y4MAX
18 0012 ALERTA          Y4max          1    2
19 0013 ALERTA          Y4max          0    0
20 0020 ENTRAD          MIN
21 0021 COMPAR .EQ.    MIN      Y4MIN
22                      Y4      Y4MIN
23 0022 ALERTA          Y4min          11   12
24 0023 ALERTA          Y4min          0    0
25
26 0032 ALERTA          Y4max          1
27 0033 ALERTA          Y4max          2
28 (-----)
29 (DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )
30 DEFVAL      V      0.0
31 DEFVAL      MAX   #LMAX
32 DEFVAL      MIN   #LMIN
33 DEFVAL      LMAX  #LMAX
34 DEFVAL      LMIN  #LMIN
35 (
36 FIMCDU
37 999999

```

Note que nesse exemplo há a definição de 6 blocos alerta, onde estão demonstrados o uso de mensagens personalizadas (P1 ou P2 maiores que 0), o uso de mensagem *default* (P1 ou P2 iguais a 0) e a desabilitação da detecção (P1 ou P2 não preenchidos):

```

(nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
0012 ALERTA          Y4max          1    2
0013 ALERTA          Y4max          0    0
0022 ALERTA          Y4min          11   12

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

0023	ALERTA	Y4min	0	0
0032	ALERTA	Y4max	1	
0033	ALERTA	Y4max		2

Esses blocos requerem que as mensagens 1, 2, 11 e 12 sejam definidas em código *DMSG*. Contudo, **não é necessário** que essas mensagens tenham sido definidas **antes** da declaração no *DCDU*.

Os blocos 12 e 22 monitorarão os sinais Y4MAX e Y4MIN e utilizarão as mensagens definidas pelo usuário. Os blocos 13 e 23 farão função semelhante, mas utilizando a mensagem padrão.

Os blocos 32 e 33 monitorarão a variável Y4MAX, mas terão cada um uma lógica desabilitada individualmente. Juntos, esses dois blocos possuem a mesma função do bloco 12.

## Definição de Mensagens Personalizadas

A definição das mensagens é feita pelo código *DMSG*, onde são definidas a mensagem propriamente dita e o identificador desta mensagem. É permitido ainda o uso de *Expressões Coringas*, para substituir trechos da mensagem por informações pertinentes à localização do bloco.

Listagem 32.2: Exemplo de definição de mensagens personalizadas

```

1 DMSG
2 (Lc) ( Numero da mensagem
3 ↪ )
4 0001 Variável %vent% atingiu o limite superior (bloco: %nb%, CDU: %nome_do_cdu% /
5 ↪ nº: %ncdu% )
6 0002 Variável %vent% deixou de atingir o limite superior
7 0011 Variável %vent% atingiu o limite inferior (bloco: %nb%, CDU: %nome_do_cdu% /
8 ↪ nº: %ncdu% )
9 0012 Variável %vent% deixou de atingir o limite inferior
10 999999

```

Os blocos 13 e 23 utilizarão a mensagem padrão, por terem seus parâmetros P1 e P2 iguais a 0. Nesse caso, a seguinte mensagem será utilizada:

```

ALERTA: Detectada transição %trns% em %vent% no bloco %nb% do CDU %nome_do_
↪ cdu% de número %ncdu%.

```

## Simulação

Para avaliar o CDU de número 1, serão utilizados alguns eventos para mudança de referência na entrada (bloco 1), e então será observada a saída do bloco 2. Esse valor é comparado com os limites mínimo (YMIN) e máximo (YMAX).

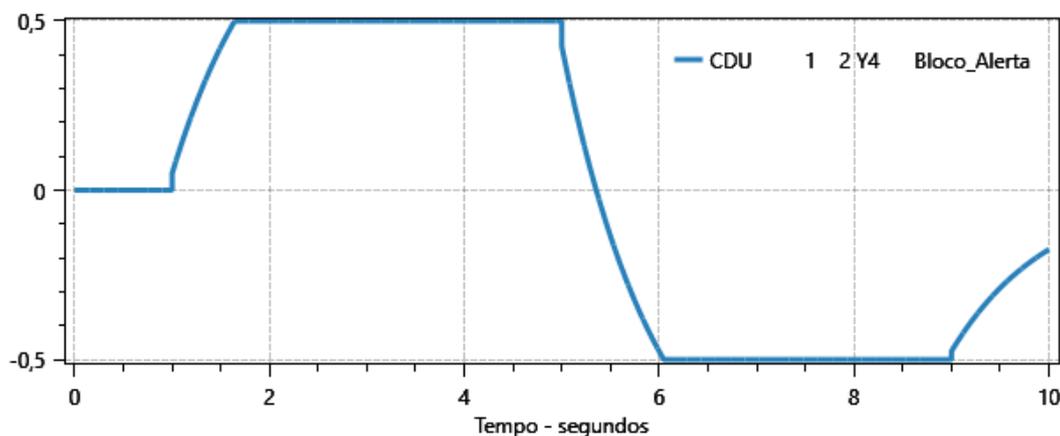
O seguinte trecho ilustra os eventos a serem aplicados ao controle:

```

1 DEVT IMPR
2 (Tp) ( Tempo)( El )( Pa)Nc( Ex) ( % ) (ABS ) Gr Und (Bl)P ( Rc ) ( Xc ) ( Bc
3 ↪ ) (Defas)
4 TCDU 1.0 1 1.0 1
5 TCDU 5.0 1 -2.0 1
6 TCDU 9.0 1 1.0 1
7 999999

```

A seguinte resposta do bloco 2 pode ser observada:



A partir da resposta dinâmica da figura anterior, diversas mensagens são emitidas. Vamos analisá-las por partes.

```
T= 1.0000s TCDU - Variação de 0.00% + absoluta de 1.000 na
      variável V - CDU 1 Bloco_Alerta
```

Neste primeiro trecho, temos a mensagem relativa a aplicação do primeiro evento.

```
T= 1.6500s Variável Y4MAX atingiu o limite superior (bloco: 12, CDU: Bloco_Alerta /
↪nº: 1 )
```

```
T= 1.6500s ALERTA: Detectada transição 0 -> 1 em Y4MAX no bloco 13 do CDU Bloco_
↪Alerta de número 1.
```

```
T= 1.6500s Variável Y4MAX atingiu o limite superior (bloco: 32, CDU: Bloco_Alerta /
↪nº: 1 )
```

Neste segundo trecho, temos a mensagem de três blocos (12, 13 e 32) relativas à variável Y4 ter alcançado o limite superior. Para o bloco 12 e 32, as mensagens emitidas seguem o definido na mensagem de número 1. Para o bloco 13, a mensagem segue a mensagem padrão do programa.

**Dica:** Utilize as expressões coringas para a correta identificação do bloco que emitirá a mensagem. Isso ajudará no entendimento do caso.

```
T= 5.0000s TCDU - Variação de 0.00% + absoluta de -2.000 na
      variável V - CDU 1 Bloco_Alerta
```

```
T= 5.0100s Variável Y4MAX deixou de atingir o limite superior
```

```
T= 5.0100s ALERTA: Detectada transição 1 -> 0 em Y4MAX no bloco 13 do CDU Bloco_
↪Alerta de número 1.
```

```
T= 5.0100s Variável Y4MAX deixou de atingir o limite superior
```

Neste terceiro trecho, existe a aplicação do segundo evento e então a atuação do parâmetro P2 de três blocos: (12, 22 e 33). Note que, em função da mensagem personalizada não ter utilizado mais expressões de identificação, não é possível identificar os blocos que emitiram duas das mensagens. Essa mensagens iguais são referentes aos blocos 12 e 33. Note ainda que em função do parâmetro P2 do bloco 32 estar em branco, não houve emissão de mensagem por este bloco.

```
T= 6.0500s Variável Y4MIN atingiu o limite inferior (bloco: 22, CDU: Bloco_Alerta /
↪nº: 1 )
```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```
T= 6.0500s ALERTA: Detectada transição 0 -> 1 em Y4MIN no bloco 23 do CDU Bloco_
↳Alerta de número 1.
```

Neste quarto trecho, apenas dois blocos estão monitorando o valor Y4MIN (bloco 22 e 23). O primeiro emite uma mensagem personalizada enquanto que o segundo emite uma mensagem padrão.

```
T= 9.0000s TCDU - Variação de 0.00% + absoluta de 1.000 na
                variável V - CDU 1 Bloco_Alerta

T= 9.0100s Variável Y4MIN deixou de atingir o limite inferior

T= 9.0100s ALERTA: Detectada transição 1 -> 0 em Y4MIN no bloco 23 do CDU Bloco_
↳Alerta de número 1.
```

Neste último trecho, existe a aplicação do terceiro evento e da ativação da mensagem definida no parâmetro P2 dos blocos 22 e 23.

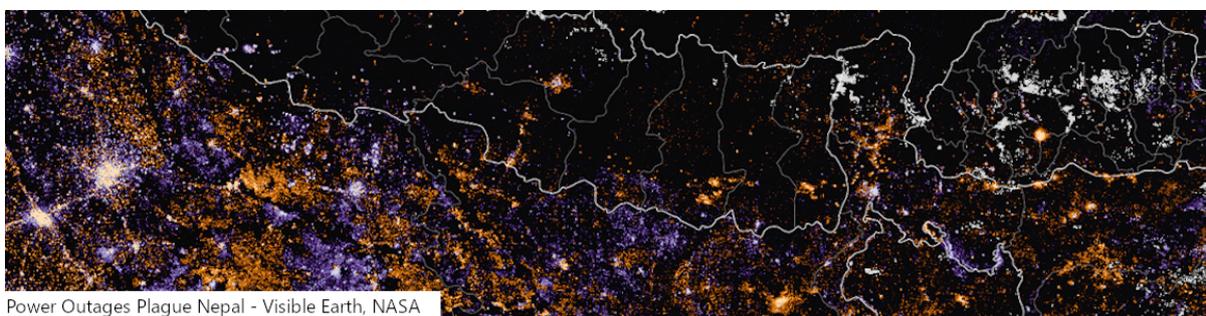
## 32.3 Códigos Relacionados

Definição de mensagens: *DMSG*

Definição de CDUs: *DCDU DTDU ACDU*



## Relés e Sistemas Especiais de Proteção por CDU



Nos estudos de transitórios eletromecânicos, as proteções sistêmicas desempenham papel fundamental para garantir a manutenção do sistema dentro de parâmetros razoáveis de operação. Tais sistemas atuam em componentes sistêmicos a fim de corrigir desbalanços observados, como a redução da carga ou da geração em pontos específicos. Frequentemente, as proteções sistêmicas evitam o colapso do sistema.

As proteções também são empregadas para garantir a integridade física dos equipamentos ao qual estão associadas. É o caso de proteções de sub/sobrefrequência comumente associadas a geradores, por exemplo.

O *Anatem* dispõe de alguns modelos de relés *built-in* no programa e também de um modelo de *Esquema Regional de Alívio de Carga*. Esses modelos podem ser empregados para a modelagem da maioria das proteções simples tipicamente encontradas pelo sistema.

### Ver também:

Veja as seguintes entradas para os modelos *built-in* de relés do programa:

- *Relés com atuação em Cargas*
- *Relés com atuação em Shunt*
- *Relés com atuação em Circuitos CA*
- *Relés com atuação em Máquinas de Indução Convencional*
- *Relés com atuação em Máquinas Síncronas*
- *Relés com atuação em Geradores Eólicos DFIG*
- *Relés com atuação em Geradores Síncronos Eólicos*
- *Esquema Regional de Alívio de Carga*

É permitido ainda, ao usuário, a modelagem de sistemas de proteção personalizados, com lógicas mais complexas que àquelas encontradas no programa por meio de *CDU*. Esta seção abordará os aspectos relevantes na modelagem de proteções por *CDU* no *Anatem*.

## 33.1 Definições acerca da Modelagem de SEPs

A representação detalhada dos sistemas de proteção é uma parte fundamental para a análise de transitórios eletromecânicos. Estes equipamentos são utilizados para garantir a integridade dos componentes do sistema, assim como da operação como um todo. As proteções tipicamente encontradas no *SIN* são classificadas em função do seu objetivo e da sua abrangência de atuação:

### Relés de Proteção

#### Relés

Sistemas de proteção associados a pontos específicos do sistema com o objetivo de garantir ou a integridade física do equipamento ou a integridade da operação do sistema.

### Sistemas de Proteção

Conjunto de equipamentos composto por relés de proteção, relés auxiliares, equipamentos de teleproteção e acessórios destinados a realizar a proteção em caso de falhas elétricas, tais como curtos-circuitos, e de outras condições anormais de operação dos componentes de um sistema elétrico (LT, barramentos e equipamentos).<sup>1</sup>

### SEP

#### Sistemas Especiais de Proteção

Sistema que, a partir da detecção de uma condição anormal de operação ou de contingências múltiplas, realiza ações automáticas para preservar a integridade do sistema, dos equipamentos ou das linhas de transmissão. O SEP engloba os *ECE* e os *ERAC*.<sup>1</sup>

### ECE

#### Esquema de Controle de Emergência

Sistema especial de proteção que objetiva, a partir da detecção de uma condição anormal de operação, realizar ação automática com a finalidade de preservar a integridade de equipamentos e linhas de transmissão.<sup>1</sup>

### ERAC

#### Esquema Regional de Alívio de Carga

Sistema de proteção que, por meio do desligamento automático e escalonado de blocos de carga, utilizando relés de frequência, minimiza os efeitos de subfrequência decorrentes de perda de grandes blocos de geração.<sup>1</sup>

---

**Importante:** Um Sistema Especial de Proteção é um esquema projetado para detectar condições predeterminadas definidas pelos estudos elétricos, e executar ações operativas automáticas, em tempos inferiores às ações humanas, de forma a limitar o impacto causado por contingências na Rede Básica e Rede de Operação. Esses esquemas visam garantir a confiabilidade e desempenho do Sistema Interligado Nacional até a entrada em operação de soluções estruturais, ou permitir a utilização otimizada de uma rede existente, de acordo com os critérios dos estudos elétricos. Os SEP são recomendados para manter a estabilidade dinâmica, garantir a operação do sistema elétrico com níveis de tensões, fluxos de potências e frequência dentro de limites admissíveis, realizando, para tal, ações de controle em equipamentos associados a esse sistema.

Créditos: ONS - Operador Nacional do Sistema

---

## 33.2 Componentes de um SEP

Como constituem controladores personalizados, os *SEP* não apresentam uma única modelagem possível. Cada controlador deverá adequar as especificidades das suas lógicas de monitoração e atuação.

Existem, contudo, alguns componentes que podem ser encontrados nos diversos *SEP* modelados: **sensores, atuadores, malha restritora e malha atuadora**. Note que as definições aqui apresentadas não são definições rigorosas e devem ser tomadas pelo usuário como referências para a modelagem dos sistemas de proteção.

---

<sup>1</sup> Operador Nacional do Sistema ONS. Submódulo 1.2 - glossário dos procedimentos de rede. 2020.

### 33.2.1 Sensores ou Supervisores

**Sensores** são os blocos de importação de grandezas elétricas da rede, podendo também serem referidos como **supervisores**. Estes blocos podem ou não estar associados aos blocos elementares que servirão para a malha lógica do *SEP*.

Os **sensores** serão definidos sempre por blocos *IMPORT*, com subtipo (indicação do equipamento da rede elétrica) apropriado e local remoto de medição definido em código *DLOC*. Sensores são utilizados para importar do sistema sinais como a condição operativa de geradores, o fluxo em circuitos e a tensão em barramentos.

---

**Dica:** Preencha o parâmetro P2 nos blocos *IMPORT* dos **sensores** e utilize a opção *BASE* junto do código *DLOC* para que o *SEP* possa funcionar em situações em que algum sinal importado é inexistente devido a configuração topológica do caso.

---

### 33.2.2 Atuadores

Os **atuadores** são aqueles blocos que efetuam os comandos determinados pelo controle; deverão agir sobre equipamentos do sistema, alterando parâmetros e unidades, por exemplo. São blocos *EXPORT*, definidos com regras equivalentes aos sensores.

Existem duas formas para se modelar de maneira apropriada um atuador, a depender do interesse ou não do controle atuar em conjunto com eventos definidos pelo usuário no código *DEVT*. Esta situação é conhecida como *manual override* e consiste na criação de um mecanismo (ou, no caso, da lógica do controle) de comportar que comandos dados pelo usuário se sobreponham à automação realizada. A existência do mecanismo de *manual override* impacta na lógica utilizada para o sinal de referência do controle, bem como na lógica de comando do controle.

**Nas duas configurações:** o bloco *EXPORT* deve ser precedido por um bloco *SOMA* que adiciona a um sinal de referência o sinal de comando do controle. Esta estrutura é devida ao fato que a lógica dos sistemas de proteção é de “cortar” componentes do sistema, não de definir, a cada instante, qual deveria ser o estado operativo daquele sistema, em função de serem sistemas de automação de exceção. Este sinal de referência será um bloco *ENTRAD* ou um bloco *IMPORT* a depender da modelagem de *manual override* do sistema.

**Sistema com manual override:** o bloco *IMPORT* deve ser usado como referência, e o comando de alteração do estado deverá ser de natureza de transição (apenas em um instante de tempo deverá ter valor diferente de 0), podendo utilizar blocos auxiliares como os blocos de detecção e borda (*SUBIDA* e *DESCID*).

**Sistema sem manual override:** o bloco *ENTRAD* e o sinal de comando como estado (deverá permanecer no valor desejado durante todo o tempo de interesse).

**Atenção:** Sistemas atuadores no número de unidades em operação de geradores devem também corrigir as grandezas resistência e reatância do transformador elevador equivalente associado a esta geração. Para evitar inconsistências entre os dados do caso do fluxo de potência, recomenda-se utilizar como referência bloco *ENTRAD* que deverá ser dividido pelo número de unidades (*STGER*) da geração associada. Para evitar o problema de divisão por zero no caso de usina desligada, recomenda-se a adição de uma simples lógica com bloco *MAX* e uma das entradas igual a 1 para garantir que o divisor sempre seja um número natural.

---

**Dica:** Adicione um bloco *DELAY* entre a **malha atuadora** e os **atuadores** propriamente ditos. Este bloco *DELAY* terá como função evitar que o controle atue indevidamente em situações de rotinas de pós-impacto do Anatem.

---

### 33.2.3 Malha Inibidora e Malha Habilitadora

A **malha restritora** ou **malha inibidora** de um *SEP* pode ser compreendida como a malha que, por meio de blocos lógicos apropriados, verifica que o controle não deve atuar sobre o sistema, desabilitando-o, a despeito da sua lógica de atuação. Nesta malha devem estar modeladas todas as restrições operativas para a qual o *SEP* deve atuar sobre o sistema.

As **malhas inibidoras** apresentam condições específicas para a inibição do controle. Essas condições costumam representar exceções na atuação do sistema e servem como inibidores para o controle. Em linhas gerais, a proteção **normalmente** estará funcionando **a menos que** as condições inibidoras tenham sido verificadas; neste caso a proteção não atuará.

A **malha habilitadora** possui lógica inversa. O *SEP* **normalmente** só estará monitorando o sistema **assim que** determinadas condições sejam verificadas.

As **malhas inibidoras** e **malhas habilitadoras** não são excludentes entre si; ao contrário, se complementam. As **malhas inibidoras** modelam as exceções para as quais a proteção não deverá atuar mais, enquanto que as **malhas habilitadoras** modelam as condições mínimas para que a proteção possa atuar.

É recomendável que essas malhas sejam acumulada em um único sinal por meio de lógica dos blocos *NOR* ou *AND*, a depender do tipo da malha utilizado.

**Malha habilitadora:** os sinais deverão ser concatenados por bloco *AND*, representando as **condições necessárias** para que o restante da lógica do *SEP* seja considerado (todas as considerações precisam estar válidas simultaneamente).

**Malha inibidora:** a concatenação é realizada por bloco *NOR*, formulando **condições suficientes** para a inibição da atuação do *SEP* (basta que uma das condições não seja atendida). O uso da variante lógica com inversão (*NOR* ao invés de *OR*) permite associação destes sinais àqueles provenientes das malhas habilitadoras por meio do bloco *AND*.

**Atenção:** As lógicas de atuação podem ser tão complexas quanto necessário. A separação entre malhas **habilitadoras** e **inibidoras** é uma abstração conceitual, mas que corresponde a maioria das situações observadas. Lógicas mais complexas de atuação são possíveis, mas levam a um problema de convolução na modelagem dificultando a compreensão humana do modelo e, conseqüentemente, aumentando o risco de se ter uma proteção com atuação indevida.

### 33.2.4 Malha Atuadora

A **malha atuadora** corresponde ao núcleo da lógica de atuação da proteção. É nesta malha que deverão ser avaliadas as mudanças que se deseja provocar no sistema em função das variáveis monitoradas. A maior parte dos blocos do *SEP* deverá estar contida nessa malha.

---

**Dica:** Adicione um bloco *DELAY* entre a **malha atuadora** e os **atuadores** propriamente ditos. Este bloco *DELAY* terá como função evitar que o controle atue indevidamente em situações de rotinas de pós-impacto do Anatem.

---

### 33.3 Blocos e Variáveis de CDU Tipicamente Utilizados em SEPs

No processo de modelagem de proteções e sistemas especiais de proteção, existem alguns blocos e variáveis que tipicamente serão encontrados nesses modelos. Esses blocos lidarão com operações relacionais e lógicas, bem como com a modelagem de temporizações e atrasos. Frequentemente, novos blocos e variáveis são adicionados ao *Anatem*, de forma que a presente relação de blocos não necessariamente conterá todos os blocos pertinentes para a modelagem.

#### Interface com o programa

<i>IM-PORT</i>	Modelagem de <b>Sensores</b> . Deverão ter parâmetro P1 preenchido. Recomenda-se preenchimento do parâmetro P2
<i>EX-PORT</i>	Modelagem de <b>Atuadores</b> . Deverão ter parâmetro P1 preenchido.
<i>DELAY</i>	Utilizado entre a <b>malha atuadora</b> e os <b>atuadores</b> para conferir maior estabilidade numérica à simulação.

#### Comparadores

<i>LOGIC</i>	Utilizado para a coordenação entre as diferentes <b>malhas habilitadoras</b> e <b>inibidoras</b> do sistema de proteção
<i>COM-PAR</i>	Utilizado tipicamente para a comparação com referências pré-determinadas de grandezas a serem monitoradas

#### Temporização e Latência

<i>DIS-MAX</i>	Utilizado para a modelagem de uma comparação com temporização pré-determinada
<i>DIS-MIN</i>	Utilizado para a modelagem de uma comparação com temporização pré-determinada
<i>DLAYON</i>	Utilizado para a modelagem de uma temporização pré-determinada
<i>DLAYOF</i>	Utilizado para a modelagem de uma temporização pré-determinada
<i>MO-NEST</i>	Utilizado para a modelagem de uma temporização pré-determinada
<i>CURVA</i>	Utilizado para a modelagem de curvas de tempo inverso, típicas de relés
<i>IN-TRES</i>	Utilizado na modelagem de temporizadores, a partir de um integrador resetável. Dê preferência a outros blocos temporizadores
<i>ATRASO</i>	Utilizado para representar a latência relativa a atuação dos disjuntores, uma vez que o comando de atuação já tenha sido determinado
<i>BOR-DAI</i>	Utilizado para a transcrição de um sinal de comando de patamares em um sinal de pulsos
<i>ACUM</i>	Utilizado para a transcrição de um sinal de comando de pulsos em um sinal de patamares

Em linhas gerais, uma proteção pode ter dois tipos de temporização:

- **Temporização com drop-out:** temporização necessária para a emissão de um sinal. Enquanto não é emitido o sinal, a entrada pode alterar o seu nível lógico e o controle pode ser dessensibilizado, reiniciando o processo de contagem. Os blocos *DISMAX*, *DISMIN*, *DLAYON*, *DLAYOF*, *MONEST*, *CURVA* modelam esse tipo de temporização.
- **Temporização sem drop-out:** apenas a latência de comunicação é modelada. Esta temporização representa apenas um atraso de comunicação, não tendo seu comportamento alterado em função da variação da entrada; uma vez determinada a atuação de uma proteção, não há comando que cancele sua atuação. O bloco *ATRASO*

modela esse tipo de temporização. Utilize blocos *BORDAI* e *ACUM* para fazer a conversão do sinal de pulsante para patamar e vice-versa, se necessário.

**Nota:** Acesse a entrada *Blocos de CDU* para uma relação de todos os blocos de CDU existentes no *Anatem*.

**Atenção:** O *Bloco ATRASO* não deve ser utilizado com uma entrada de pulsos. A mudança de passo de simulação pode ocasionar em perda de sinal. Utilize sempre um sinal contínuo em patamares para evitar a perda do sinal. Utilize o *Bloco ACUM* e o *Bloco BORDAI* para conversão do sinal.

### Variáveis de IMPORT / EXPORT

<i>ST-BUS</i>	Estado operativo de barra CA, podendo assumir os seguintes estados: 0 (desligada), 1 (ligada) ou 2 (em curto)
<i>ST-CIRC</i>	Estado de operação de um circuito: 0 para circuito desligado e 1 para circuito ligado. Um circuito é considerado ligado apenas quando ambas as extremidades estão ligadas
<i>STLIND</i>	Estado de operação de extremidade DE de circuito: 0 para extremidade desligada e 1 para extremidade ligada
<i>STLINP</i>	Estado de operação de extremidade PARA de circuito: 0 para extremidade desligada e 1 para extremidade ligada
<i>ESTCNV</i>	Estado de operação do conversor: 0 para conversor em elo desligado; 1 para conversor em elo ligado
<i>STAPFC</i>	Estado da aplicação da falha de comutação: 0 para inversor em operação normal e 1 para inversor em falha de comutação.
<i>ST-GER</i>	Número de unidades de máquina síncrona em operação no grupo
<i>STBSH</i>	Número de unidades em operação do grupo de banco shunt individualizado de barra ou de linha
<i>ESTFNT</i>	Número de unidades em operação do grupo de fonte shunt controlada
<i>RTRF</i>	Valor da nova resistência do transformador, em pu
<i>XTRF</i>	Valor da nova reatância do transformador, em pu
<i>STLDM</i>	Percentual de carga aparente ligada na barra em relação ao valor inicial do módulo da carga equivalente da barra
<i>STLDP</i>	Percentual de carga ativa ligada na barra em relação ao valor inicial da carga ativa equivalente da barra
<i>STLDQ</i>	Percentual de carga reativa ligada na barra em relação ao valor inicial da carga reativa equivalente da barra
<i>STSHI</i>	Percentual de shunt equivalente ligado na barra em relação ao valor inicial do shunt equivalente de barra

**Nota:** Acesse a entrada *Variáveis CDU para IMPORT/EXPORT* para uma relação de todas variáveis possíveis de serem importadas e exportadas.

**Atenção:** A variável *STGER* não corrige automaticamente a impedância de transformador terminal. A lógica da correção da impedância do transformador deverá ser dada pelo usuário, utilizando as variáveis *RTRF* e *XTRF* para esse fim.

**Nota:** As variáveis que afetam estado operativo de elementos da rede somente são efetivadas no passo seguinte ao comando.

## 33.4 Tutorial sobre Relé por CDU

Os procedimentos apresentados a seguir visam ilustrar o processo da modelagem de relés usando a interface de Controladores Definidos pelo Usuário.

O caso apresentado se encontra dentro do exemplo 26 – RELE\_CDU da pasta de Exemplos distribuída juntamente com a instalação do programa. Neste caso, há quatro relés modelados como exemplo ilustrativo do recurso:

- 901 – Relé de Sobrecorrente para linha;
- 902 – Relé de Sub/Sobrefrequência para grupo gerador;
- 903 – Relé de Sobretensão para elemento shunt;
- 904 – Relé diferencial para linha.

O objetivo deste tutorial é ilustrar a lógica da construção do relé diferencial para linha, a partir de uma única definição de uma excitatriz, aplicar essa Topologia em 4 máquinas diferentes do sistema, sem precisar replicar o código do CDU.

### Modelo de relé diferencial para linha

A função principal do relé diferencial está em detectar curtos nas linhas e extingui-los pela abertura das extremidades do circuito. Essa avaliação é feita considerando a diferença entre as correntes terminais, e comparando com um valor de referência pré-estabelecido. As correntes terminais, em operação normal, são iguais em regime permanente ou quando a rede é representada de forma estática (como é o caso da modelagem do *Anatem*).

Para modelar este relé no *Anatem*, poucos blocos são necessários, sendo um processo simples.

Considerando as *definições de componentes de um sep*, podemos definir os seguintes componentes deste relé:

**Sensores:** blocos *IMPORT* com subtipo *ILINR* e *ILINI* deverão ser empregados. Serão necessários 4 blocos, considerando os dois terminais. Um bloco *IMPORT* com subtipo *STCIRC* se faz necessário para a modelagem da lógica de *manual override*.

**Atuadores:** blocos *EXPORT* com subtipo *STLIND* e *STLINP* deverão ser empregados.

**Malha inibidora:** a princípio, este relé está sendo modelado para sempre estar monitorando o circuito. A única contribuição inibidora será devido à lógica do *manual override*.

**Malha atuadora:** serão utilizados alguns blocos aritméticos, lógicos e um bloco temporizador (*DIS-MAX*).

**Locais remotos:** dois locais são necessários, um para cada extremidade do circuito.

### Locais remotos

Antes da definição dos relés, é apropriado definir os locais remotos (código *DLOC*). No caso, será utilizado um código com tipo *CIRCAC*, sendo necessário definir um local remoto para cada extremidade do circuito.

Listagem 33.1: Definindo os locais remotos

```

1 DLOC
2 (Lc) (Tipo)( El )( Pa)Nc( Ex)Gr(BI)
3 04 CIRCAC 7 8 1 7
4 05 CIRCAC 7 8 1 8
5 999999

```

Note que, no código *Anatem* não é necessário que os locais tenham sido definidos antes da declaração do CDU (*DCDU* ou *ACDU*) ou então de sua associação (*DCNE*). O *DLOC* deve aparecer antes do primeiro código *EXSI* ou outro código de simulação. A definição do local remoto antes do restante do CDU, neste tutorial, se dá para uma melhor compreensão do controlador. Na prática, normalmente, os códigos *DLOC* sucedem o código *DCDU*.

## Modelagem dos sensores

A definição dos sensores é bastante simples, consistindo dos blocos *IMPORT*.

Listagem 33.2: Definindo os sensores

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3     904 Relé Diferencial com temporização fixa
4 (EFPAR (npar) ( valpar )
5 DEFPAR #LOC1           04 primeira extremidade do circuito
6 DEFPAR #LOC2           05 segunda extremidade do circuito
7 (...)
8 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
9 0001 IMPORT ILINR      I1R  #LOC1      0
10 0002 IMPORT ILINI     I1I  #LOC1      0
11 0003 IMPORT ILINR     I2R  #LOC2      0
12 0004 IMPORT ILINI     I2I  #LOC2      0
13 (...)
14 0014 IMPORT STCIRC     SLIN #LOC1      0
15 (...)
16 FIMCDU
17 999999

```

Os blocos 1 a 4 serão utilizados para a modelagem da malha atuadora. O bloco 14 será utilizado para a modelagem do *manual override*. O preenchimento do parâmetro P1 é obrigatório em função deste controlador ser associado por *DCNE*. O parâmetro P2 é opcional, mas recomendado. No caso, na ausência desses locais remotos, o valor 0 será lido para todos os sensores. Na prática, esse controlador não tem efeito sob o sistema quando, por algum motivo, o circuito associado não existe no caso; mas não apresentará erro de interface.

## Modelagem dos atuadores

Os atuadores consistem no controle dos estados *DE* e *PARA* do circuito em questão. Não é possível controlar a variável *STCIRC* por meio de bloco *EXPORT*, sendo necessário o controle de ambas as extremidades.

## Listagem 33.3: Definindo os atuadores

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   904 Relé Diferencial com temporização fixa
4 (EFPAR (npar) ( valpar )
5 DEFPAR #LOC1          04 primeira extremidade do circuito
6 (...)
7 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
8 0016 EXPORT STLIND EstL          #LOC1
9 0017 EXPORT STLINP EstL          #LOC1
10 (...)
11 FIMCDU
12 999999

```

**Atenção:** Os terminais *DE* e *PARA* do local remoto são referentes à extremidade informada no código *DLOC*.

### Modelagem da malha atuadora

A malha atuadora pode ser separada em duas partes. Na primeira, é feita a avaliação numérica das correntes terminais. Na segunda parte, o resultado dessa corrente diferencial é comparado com uma referência e então temporizada para atuação.

Conforme visto *anteriormente*, uma proteção pode ter dois tipos de temporização:

- **Temporização com drop-out:** temporização necessária para a emissão de um sinal. Enquanto não é emitido o sinal, a entrada pode alterar o seu nível lógico e o controle pode ser dessensibilizado, reiniciando o processo de contagem. Os blocos *DISMAX*, *DISMIN*, *DLAYON*, *DLAYOF*, *MONEST*, *CURVA* modelam esse tipo de temporização.
- **Temporização sem drop-out:** latência de comunicação. Esta temporização representa apenas um atraso de comunicação, não tendo seu comportamento alterado em função da variação da entrada. O bloco *ATRASSO* modela esse tipo de temporização. Utilize blocos *BORDAI* e *ACUM* para fazer a conversão do sinal de pulsante para patamar e vice-versa, se necessário.

No caso, não será modelado a latência de comunicação entre o comando do relé e abertura do disjuntor, então não será preciso a utilização do bloco *ATRASSO* nem de outros blocos auxiliares.

## Listagem 33.4: Definindo a malha atuadora

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3   904 Relé Diferencial com temporização fixa
4 (EFPAR (npar) ( valpar )
5 DEFPAR #Imax          1.0 ajuste do relé
6 DEFPAR #Tviol        0.10 temporização do relé + disjuntor
7 DEFPAR #Tpers          0.
8 (Tpers não faz diferença para o caso. Quando desligar a linha, ela permanecerá
9 (desligada por toda a simulação.
10 (...)
11 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
12 0006 SOMA          I1R   DifR
13                I2R   DifR
14 0007 SOMA          I1I   DifI
15                I2I   DifI
16 0008 FUNCAO X**2   DifR   DifR2

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

17 0009 FUNCAO X**2   DifI   DifI2
18 0010 SOMA         DifR2  Dif2
19                 DifI2  Dif2
20 0011 FUNCAO SQRT  Dif2   Idif
21 (...)
22 0012 DISMAX       Idif   Commd  #Imax #Tviol#Tpers
23 0013 LOGIC .NOT.  Commd  Sai
24 (...)
25 FIMCDU
26 999999

```

Note que o sentido da corrente esperado é em função da extremidade definida no código *DLOC*, considerando o sentido EX -> Outra Extremidade. Desta forma, não é necessário *subtrair* as correntes, mas somá-las.

### Modelagem do *manual override*

O *manual override* tem como função permitir que o usuário consiga sobrepor seus comandos em relação aos definidos pelo controle. Para esta proteção simples, basta a importação do subtipo *STCIRC* junto de uma lógica *.AND.* com o comando da malha atuadora. Desta forma, um dos dois sinais passando para o estado lógico 0 (desligado), alterará, pelo CDU, o estado operativo do circuito. Uma vez desabilitado, o circuito não retorna à operação, a menos que o usuário intervenha com um comando para religá-lo, permitindo testes de religamento tripolar.

Listagem 33.5: Definindo o *manual override*

```

1 DCDU
2 (ncdu) ( nome cdu )
3     904 Relé Diferencial com temporização fixa
4 (EFPAR (npar) (   valpar   )
5 DEFPAR #LOC1                04
6 (...)
7 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
8 0014 IMPORT STCIRC          SLIN  #LOC1
9 0015 LOGIC .AND.           SLIN  EstL
10                               Sai   EstL
11 (...)
12 FIMCDU
13 999999

```

### Associação da proteção ao caso

Para associar um controlador de um sistema especial ou de uma proteção simples ao caso, utilize o código *DCNE*, mesmo que esta proteção se refira a outros equipamentos que possuem códigos de associação próprios, como máquinas síncronas ou conversores CC.

Listagem 33.6: Associação da proteção

1	DCNE
2	(Nc) (Mc)u
3	904 904u
4	999999

Diagrama final do controle

A figura a seguir ilustra o diagrama completo do relé diferencial utilizado neste tutorial. Os blocos estão coloridos em função da sua contribuição para a proteção.

**Verde:** sensores

**Laranja:** malha atuadora

**Vermelho:** manual override / malha inibidora

**Azul:** atuadores

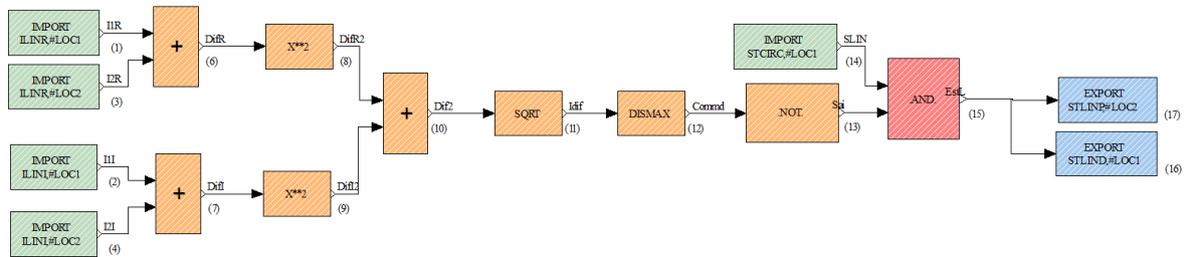


Fig. 33.1: Diagrama do relé diferencial

### 33.5 Trabalhos Relacionados

Confira os seguintes trabalhos desenvolvidos pela equipe Anatem:

- Utilização de Controladores Definidos pelo Usuário para Modelagem de Sistemas Especiais de Proteção no Anatem<sup>1</sup>
- Modelagem de Sistemas Especiais de Proteção para Simulação de Casos de Estabilidade Eletromecânica no Programa Anatem<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Nicolas Abreu Rocha Leite Netto, Milon Pereira Silva, Fabricio Lucas Lirio, and Lígia Rolim da Silva. Utilização de Controladores Definidos pelo Usuário para Modelagem de Sistemas Especiais de Proteção no Anatem. In *XXIV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - SNPTEE*. 2017.

<sup>2</sup> Nicolas Abreu Rocha Leite Netto, Lígia Rolim Silva, Fabricio Lucas and Lirio, José Mario Mamfrin Capano Junior, Paulo Eduardo Martins Quintão, Felipe da Cunha Aquino, Lucia Mariana de Souza Abreu, Gustavo de Souza Francisco, and Neyl Hamilton Martelotta Soares. Modelagem de Sistemas Especiais de Proteção para Simulação de Casos de Estabilidade Eletromecânica no Programa Anatem. In *XXV Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - SNPTEE*. 2019.

## 33.6 Códigos Relacionados

Definição de CDUs: *DCDU DTDU ACDU*

Associação de SEPs e proteções personalizadas ao caso: *DCNE*

Locais Remotos de Medição: *DLOC*

## **Parte VII**

# **Modos de Análise**





- modelos de *fontes shunt controladas* (modelos de usinas eólicas e fotovoltaicas);
- *sistemas especiais de proteção*, entre outros.

### 34.1.1 Definição do contexto ANAC

O modo de análise de *CDU* deve ser habilitado no início do arquivo de dados principal do Anatem (\*.STB), conforme ilustrado a seguir:

Listagem 34.1: Exemplo de definição do modo *ANAC*

```

1  (=====
2  ( A utilização do código se resume à incluir o mnemônico *ANAC* no arquivo .STB
3  (=====
4  ANAC
5  (
6  (=====
7  ( TITULO DO CASO
8  (=====
9  TITU
10 Modo de Analise Isolada de CDUs
11 (
12 (=====
13 ( ASSOCIAÇÃO DE ARQUIVOS DE ENTRADA E SAÍDA
14 (=====
15 DARQ
16 (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
17 ( Arquivos de saída com nome automático
18 OUT      .\
19 LOG      .\
20 PLT      .\
21 ( Arquivos de entrada
22 ( A associação do arquivo de fluxo de potência deve ser removida ou comentada
23 (SAV      2 exemplo.sav
24 ( Dados de modelos built-in também podem removidos ou comentados no caso
25 (BLT      exemplo.blr
26 ( Todos os CDUs lidos no arquivo .STB serão considerados na análise de CDUs
27 ( Os CDUs são avaliados isoladamente, mas podem exportar/importar sinais entre si
28 CDU      exemplo.cdu
29 999999

```

**Nota:** Note que a associação do arquivo histórico .SAV do programa *Anarede* deve ser removida, ou simplesmente comentada, no arquivo .STB.

**Importante:** Todos os controladores definidos pelo usuário no código *DCDU* são automaticamente incluídos na análise de CDUs e a simulação da resposta de cada controlador é conduzida de forma isolada ao longo da simulação.

### 34.1.2 Adequações Necessárias para Análise do CDU de forma Independente da Rede Elétrica

Os *Controladores Definidos pelo Usuário* precisam de algumas adequações para que a análise isolada de CDUs possa ser efetuada. Estas adequações são relacionadas, principalmente, ao fato de que no contexto *ANAC* não há um caso de regime permanente realizando interface com o controlador. Assim, todos CDUs do caso em análise devem ser modificados para substituição dos *Blocos de Interface* com a rede elétrica pelos *Blocos Terminadores* correspondentes, conforme a seguir:

- Blocos *IMPORT* devem ser substituídos por blocos *ENTRAD*

**Aviso:** Nestes casos há necessidade de definir valor inicial para a saída do bloco *ENTRAD* via *DEFVAL*, uma vez que o *IMPORT* obterá o sinal da rede.

- Blocos *EXPORT* devem ser substituídos por blocos *SAIDA*

**Aviso:** Nestes casos pode ocorrer a necessidade de definir valor inicial para a entrada do bloco *SAIDA*, uma vez que o *EXPORT* poderia obter o sinal da rede, e na substituição do mesmo pelo bloco *SAIDA*, o valor dessa variável deve ser especificada por *DEFVAL*.

#### Exemplo

A seguir são apresentados dois exemplos de representação de regulador de tensão. Primeiro é apresentado um CDU usado na análise de estabilidade, posteriormente é ilustrada a adequação deste mesmo CDU para análise independente da rede elétrica.

- **Caso 1:** Este primeiro caso consiste do modelo CDU de um Regulador de Tensão simples para utilização no modo *ANAT*.

**Nota:** Note que este CDU possui *Blocos de Interface* com a rede elétrica (*Bloco IMPORT* e *Bloco EXPORT*).

Listagem 34.2: Exemplo de regulador de tensão com blocos de interface

```

1 (=====
2 DCDU
3 (
4 ( Regulador de Tensao de 1a. ordem
5 (ncdu) ( nome cdu )
6   0001 AVR
7 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
8   01 ENTRAD          Vref
9   02 IMPORT VOLT     Vt
10  03 IMPORT VSAD     Vsad
11  04 SOMA            Vref X3
12                   -Vt  X3
13                   Vsad X3
14 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
15   05 LEDLAG         X3   Efd   100.0  0.0  1.0  0.05 Lmin  Lmax
16   06 EXPORT EFD     Efd
17 (
18 (-----
19 (DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

20 (-----
21 DEFVAL      Lmin      -7.
22 DEFVAL      Lmax      7.
23 FIMCDU
24 (
25 999999

```

- **Caso 2:** Este segundo caso consiste do modelo CDU de um Regulador de Tensão simples para utilização no modo *ANAC*.

**Nota:** Note que os *Blocos de Interface (Bloco IMPORT e Bloco EXPORT)* do **Caso 1** foram substituídos pelos respectivos *Blocos Terminadores (Bloco ENTRAD e Bloco SAIDA)*.

**Importante:** Uma vez que a variável *Vt* deixa de ser lida da rede elétrica via *IMPORT*, torna-se necessário definir o seu valor inicial via *DEFVAL*.

Listagem 34.3: Exemplo de regulador de tensão com blocos terminadores

```

1 (=====
2 DCDU
3 (
4 ( Regulador de Tensao de 1a. ordem
5 (ncdu) ( nome cdu )
6 0001 AVR
7 (nb) (tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
8 01 ENTRAD          Vref
9 02 ENTRAD          Vt
10 03 IMPORT VSAD     Vsad
11 04 SOMA            Vref X3
12                   -Vt  X3
13                   Vsad X3
14 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
15 05 LEDLAG          X3   Efd   100.0  0.0  1.0  0.05 Lmin  Lmax
16 06 SAIDA           Efd
17 (
18 (-----
19 (DEFVA (stip) (vdef) ( d1 )
20 (-----
21 DEFVAL      Lmin      -7.
22 DEFVAL      Lmax      7.
23 DEFVAL      Vt        1.
24 FIMCDU
25 (
26 999999

```

## 34.2 Casos Exemplos da Análise Isolada de CDU

Nesta seção serão ilustrados casos exemplo de simulação isolada de *CDUs*. Todos os casos ilustrados nesta seção são disponibilizados junto ao programa *Anatem* no seu diretório de instalação.

**Aviso:** Se a instalação for realizada no diretório *default*, este exemplos podem ser encontrados no caminho “C:\Cepe\Anatem\vXX\_YY\_ZZ\EXEMPLOS\08\_ANACDU”.

Sendo vXX\_YY\_ZZ o número da versão instalada.

### 34.2.1 Blocos Dinâmicos de Primeira Ordem

Este caso exemplo ilustra o comportamento dinâmico dos **blocos dinâmicos de primeira ordem** mais utilizados no programa *Anatem*.

**Dica:** Entre os blocos de primeira ordem mais utilizados do *Anatem*, constam os blocos:

- **PROINT**

Bloco proporcional integral, cuja função de transferência é descrita por  $\frac{P_1+sP_2}{sP_3}$ . Na definição deste bloco, os parâmetros  $P_1$  e  $P_3$  devem ser não nulos.

- **WSHOUT**

Bloco *wash-out*, cuja função de transferência é descrita por  $\frac{sP_1}{P_2+sP_3}$ . Na definição deste bloco, os parâmetros  $P_1$ ,  $P_2$  e  $P_3$  devem ser não nulos.

- **LEDLAG**

Bloco avanço-atraso, cuja função de transferência é descrita por  $\frac{P_1+sP_2}{P_3+sP_4}$ . Na definição deste bloco, os parâmetros  $P_1$ ,  $P_3$  e  $P_4$  devem ser não nulos.

**Nota:** De forma genérica, funções de transferência de primeira ordem podem ser modelados por meio do seguinte bloco:

- **ORD(1)**

Bloco genérico de primeira ordem que pode ser usado para substituir os blocos *PROINT*, *WSHOUT* e *LEDLAG*, cuja função de transferência é descrita por  $\frac{P_1+sP_2}{P_3+sP_4}$ . Na definição deste bloco, caso o parâmetros  $P_4$  seja nulo,  $P_2$  também deverá ser nulo.

O CDU ilustrado na Fig. 34.1 permite avaliar a resposta de blocos de primeira ordem ao degrau (representado pela função *PULSO*) com amplitude  $V$ .

Os resultados desta simulação são apresentados na Fig. 34.2:

**Nota:** Observe que neste caso o valor de regime atingido por cada saída, após a aplicação de um pulso com amplitude  $V$ , pode ser avaliado por meio da aplicação do **teorema de valor final** da teoria de controle moderno<sup>1</sup>.

Teorema do Valor Inicial:  $f(0^+) = \lim_{t \rightarrow 0} f(t) = \lim_{s \rightarrow \infty} sF(s)$

Teorema do Valor Final:  $f(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} f(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sF(s)$

<sup>1</sup> Katsuhiko Ogata and Bernardo Severo. *Engenharia de controle moderno*. Prentice Hall do Brasil, 1998.

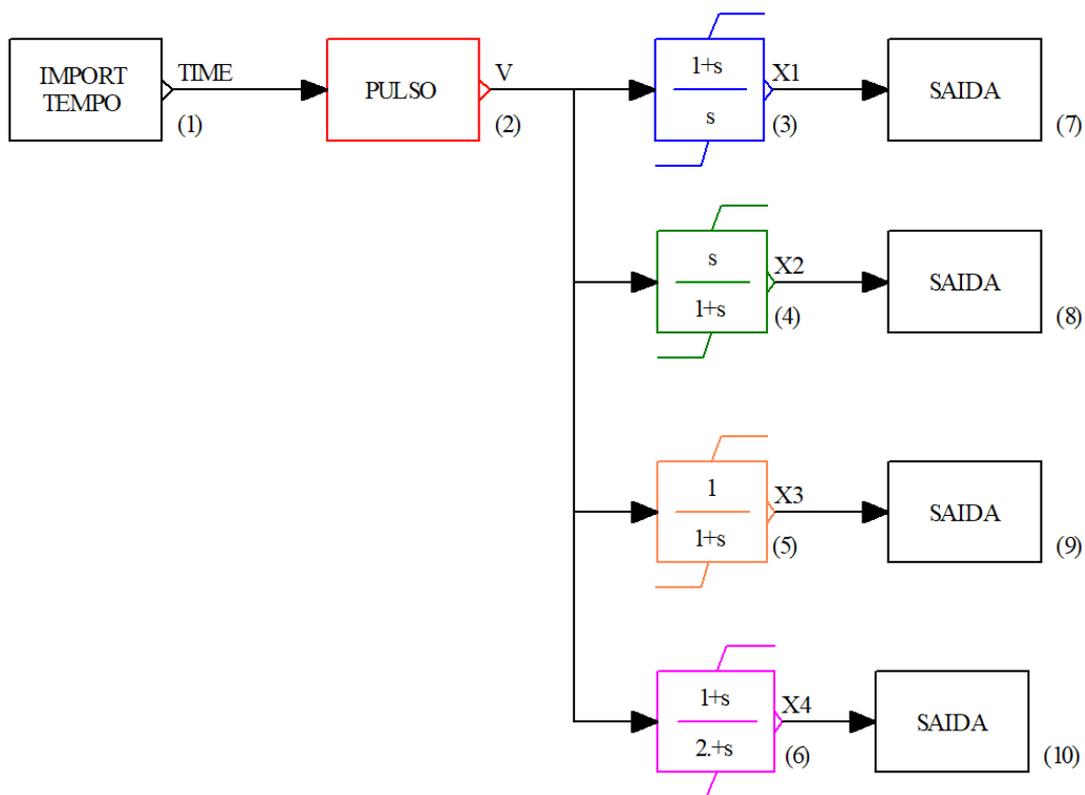


Fig. 34.1: Caso exemplo com blocos de primeira ordem

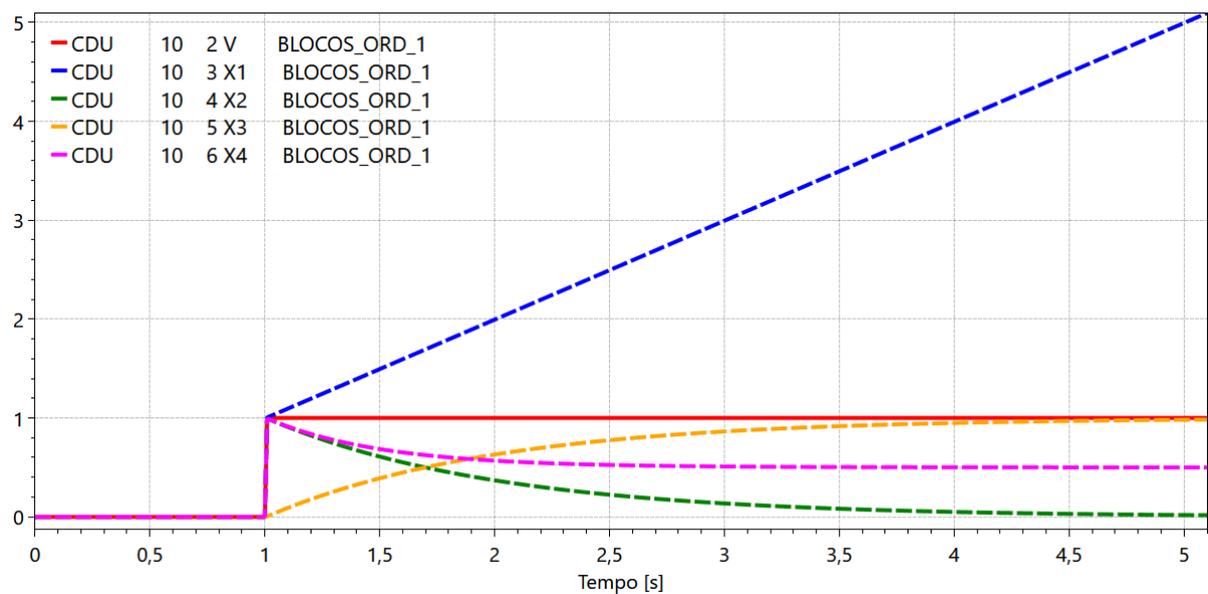


Fig. 34.2: Resposta ao degrau de blocos de primeira ordem

### 34.2.2 Funções de Transferência de Segunda ou Terceira Ordem

Este caso exemplo ilustra o comportamento dinâmico do bloco  $POL(S)$ , utilizado para a representação de **blocos dinâmicos de segunda ou terceira ordem**.

**Dica:** A função de transferência do bloco  $POL(S)$  é descrita por:

$$\frac{P_1^1 s^3 + P_2^1 s^2 + P_3^1 s + P_4^1}{P_1^2 s^3 + P_2^2 s^2 + P_3^2 s + P_4^2} \rightarrow \begin{matrix} P_i^1 = \text{parâmetros descritos na primeira linha} \\ P_i^2 = \text{parâmetros descritos na segunda linha} \end{matrix}$$

Na definição deste bloco, o denominador deve ter ordem  $\geq 2$  e deve ser obrigatoriamente maior ou igual que a ordem do numerador. Ao menos um dos termos independentes ( $P_4$ ) deve ser não nulo.

**Nota:** Neste caso exemplo será comparada a representação de uma mesma função de transferência de segunda ordem modelada por meio de blocos de primeira ordem e utilizando o bloco  $POL(S)$ .

O CDU ilustrado na Fig. 34.3 permite avaliar a resposta de funções de transferência de segunda ordem ao degrau com amplitude  $V$ .

(\* *Clique na imagem para visualizar os detalhes da figura*)

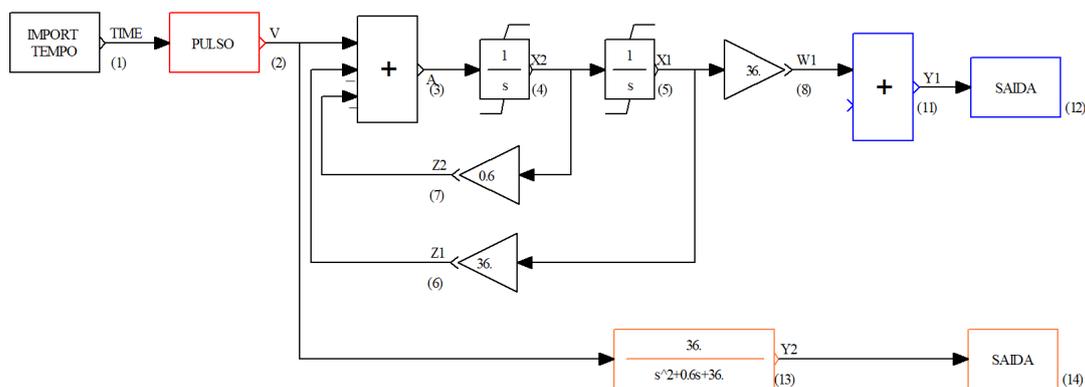


Fig. 34.3: Caso exemplo com blocos de primeira ordem

Os resultados desta simulação são apresentados na Fig. 34.4:

**Nota:** Observe que a saída do bloco  $POL(S)$  (variável  $Y_2$ ) é idêntica a resposta obtida com utilização dos blocos de primeira ordem (variável  $Y_1$ ).

### 34.2.3 Limite Dinâmico x Limite Estático

Esse caso exemplo apresenta a diferença de limites dinâmico e estático, os quais atuam nas seguintes variáveis:

#### Limite Dinâmico

##### Atua na variável de estado do bloco

Exemplo: no caso do bloco  $LEDLAG$ , a definição de limite dinâmico é feita por meio do preenchimento dos campos  $V_{min}$  e  $V_{max}$  da régua de dados de entrada dos parâmetros e variáveis associadas a bloco.

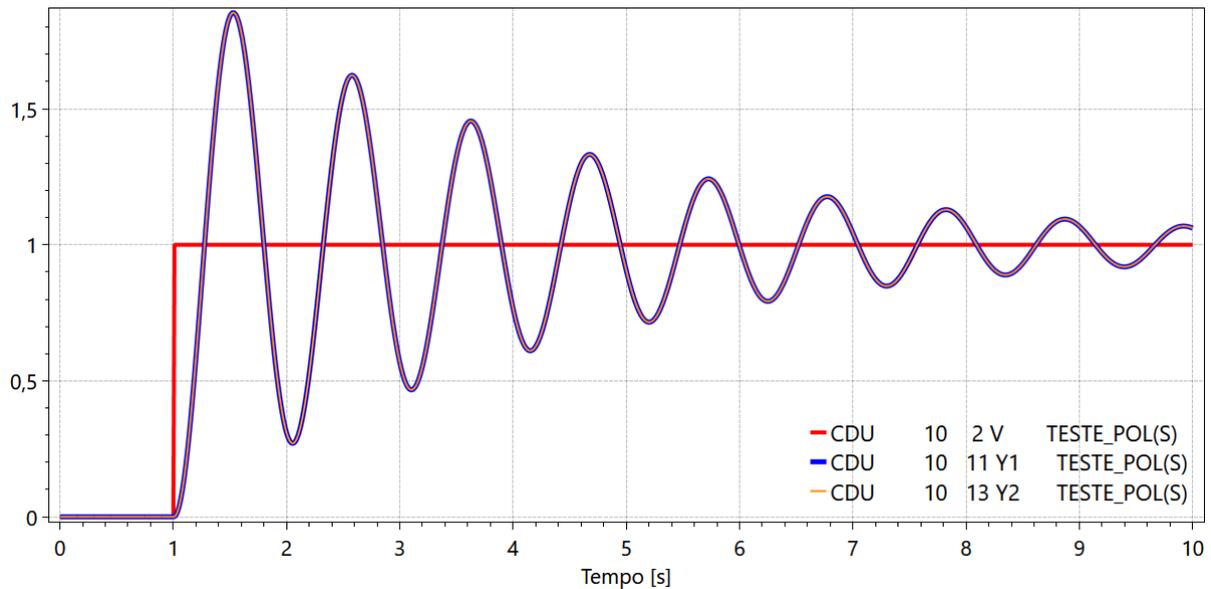


Fig. 34.4: Resposta ao degrau de blocos de primeira ordem

**Aviso:** Os limites dinâmicos devem obrigatoriamente ser declarados como variáveis. Posteriormente estes limites podem ser definidos como valores fixos por meio do registro *DEFVAL*.

**Limite Estático**

**Limita a variável de saída do bloco**

O bloco *LIMITA* deve ser conectado ao bloco que se deseja limitar a variável de saída.

O CDU da Fig. 34.5 ilustra a utilização de limites dinâmico e estático.

- O bloco *LEDLAG* em azul (bloco 2) terá a sua variável de estado limitada entre [-0,5 e 0,5];
- O bloco *LIMITA* em rosa (bloco 4) terá a sua variável de saída limitada entre [-0,5 e 0,5].

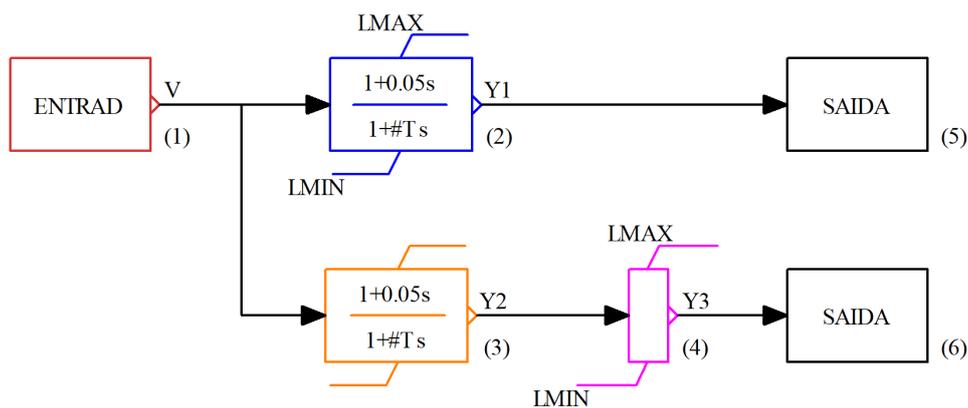


Fig. 34.5: Diagrama de blocos diferenciando o limite dinâmico e o limite do bloco *LIMITA*

Os resultados desta simulação são apresentados na `fig:limites`:

**Nota:** Observe as seguintes condições no instante em que as variáveis atingem o limite superior (na presença do degrau unitário):

- A variável de estado do bloco 2 se mantém limitada em 0,5 (curva azul claro);

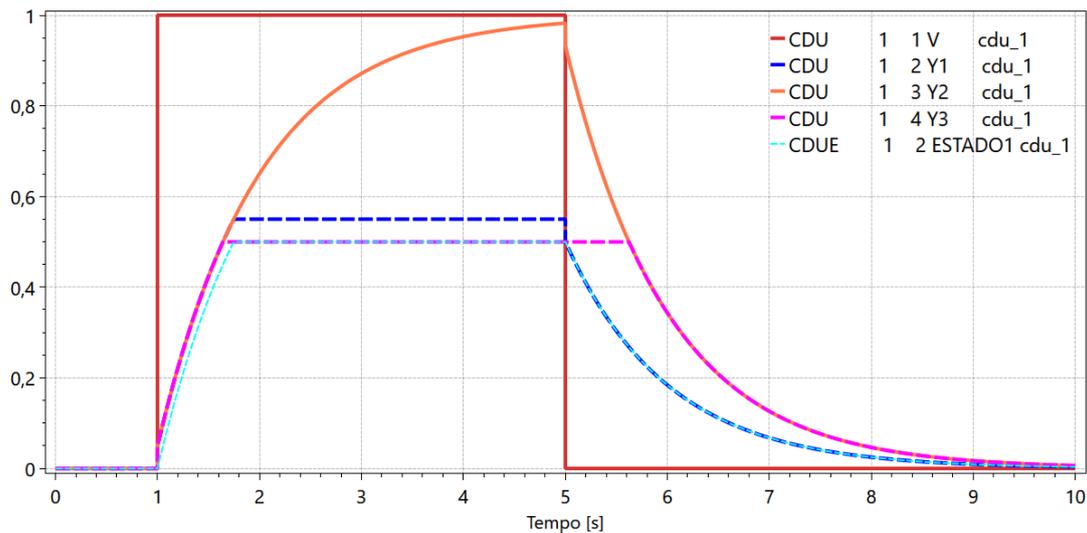


Fig. 34.6: Comparação entre diferentes formas de se utilizar limites

- A variável de saída do bloco 2 assume valor acima de 0,5 enquanto a sua variável de estado está limitada;
- A variável de saída do bloco 3 ( $Y_2$ ) não está limitada e por isso assume valores acima de 0,5;
- A variável de saída do bloco 4 está limitada em 0,5.

**Nota:** Observe as seguintes condições nos instantes em que as variáveis deixam de violar limite superior (remoção do degrau unitário):

- A variável de estado do bloco 2, que estava fixa em 0,5, sai do limite superior no mesmo instante em que o pulso é removido;
- A variável de saída do bloco 3 tem o seu valor reduzido a partir do instante em que o pulso é removido;
- A variável de saída do bloco 4 só sai do limite quando a variável de saída do bloco 3 deixa de violar o limite superior.

**Importante:** Note que a utilização do limite estático faz com que a variável limitada apresente um atraso para sair dos limites após o instante em que o pulso é removido.

### 34.2.4 Funções Úteis Construídas com os Blocos Elementares de CDU

A linguagem de escrita de diagramas de blocos em *CDU* permite a construção de diversas funções, desde as mais básicas até as mais complexas.

Neste caso exemplo é ilustrada a construção de uma série de funções úteis via *CDU* para a aplicação em sistemas de controle de diversos equipamentos de sistemas de potência.

Listagem 34.4: *CDU* Teste para ilustração de funções úteis construídas com blocos elementares

```

1 (=====
2 ( DADOS DE CDU
3 (=====
4 DCDU

```

(continua na próxima página)

```

5 (
6 (
7 (ncdu) ( nome cdu )
8   0010 TESTE_CDU_01
9 (
10 ( #####
11 ( #           CDU PARA GERACAO DE SINAIS DE EXCITACAO           #
12 ( #           A SEREM USADOS NOS EXEMPLOS                       #
13 ( #                                                                 #
14 ( # Este CDU apresenta exemplo de uso dos seguintes tipos de bloco : #
15 ( #   - ENTRAD                                                    #
16 ( #   - IMPORT subtipo TEMPO                                     #
17 ( #   - SOMA                                                       #
18 ( #   - MULTPL                                                    #
19 ( #   - DIVSAO                                                    #
20 ( #   - GANHO                                                      #
21 ( #   - FUNCAO subtipos ATAN, EXP, PULSO e SIN                  #
22 ( #   - EXPORT subtipo CDU                                       #
23 ( #                                                                 #
24 ( # E' exemplificada tambem a definicao de valor inicial conhecido #
25 ( # de uma variavel atraves da instrucao DEFVAL sem subtipo.    #
26 ( #                                                                 #
27 ( #####
28 (
29 (
30 ( -----
31 ( CONSTANTES
32 ( -----
33 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
34   1 ENTRAD                UM
35   2 FUNCAO ATAN          UM   ATAN1
36   3 GANHO                ATAN1 DPI      8.0
37 (
38 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
39 DEFVAL      UM      1.0
40 (
41 (
42 ( -----
43 ( TEMPO DE SIMULACAO
44 ( -----
45 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
46   11 IMPORT TEMPO          TIME
47 (
48 (
49 ( -----
50 ( PULSO COM AMPLITUDE  1.0 APLICADO EM  1.0s E RETIRADO EM  5.0s
51 ( +
52 ( PULSO COM AMPLITUDE -1.0 APLICADO EM 11.0s E RETIRADO EM 15.0s
53 ( -----
54 (
55 (   ^
56 ( SINAL1 |
57 (   | 1.0 *****
58 (   |      *      *           11.0   15.0
59 ( *****_-----*****_-----*****_----->
60 (   |      1.0   5.0           *      *           TIME (seg.)

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

61 ( / - 1.0 *****
62 ( /
63 (
64 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
65 21 FUNCAO PULSO TIME PULSO+ 1.0 1.0 5.0 0.0
66 22 FUNCAO PULSO TIME PULSO- 11.0 -1.0 15.0 0.0
67 23 SOMA PULSO+ SINAL1
68 PULSO- SINAL1
69 (
70 (
71 ( -----
72 ( SINAL SENOIDAL COM AMPLITUDE 1.0 E FREQUENCIA 1Hz
73 ( -----
74 (
75 ( SINAL2 = AMP2 * SIN( 2Pi * FREQ2 * TIME )
76 (
77 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
78 31 ENTRAD FREQ2
79 32 ENTRAD AMP2
80 (
81 33 MULTPL DPI ANG2
82 FREQ2 ANG2
83 TIME ANG2
84 34 FUNCAO SIN ANG2 SIN2
85 (
86 35 MULTPL AMP2 SINAL2
87 SIN2 SINAL2
88 (
89 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
90 DEFVAL AMP2 1.0
91 DEFVAL FREQ2 1.0
92 (
93 (
94 ( -----
95 ( SINAL SENOIDAL COM AMPLITUDE 0.5 E FREQUENCIA 5Hz
96 ( -----
97 (
98 ( SINAL3 = AMP3 * SIN( 2Pi * FREQ3 * TIME )
99 (
100 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
101 41 ENTRAD FREQ3
102 42 ENTRAD AMP3
103 (
104 43 MULTPL DPI ANG3
105 FREQ3 ANG3
106 TIME ANG3
107 44 FUNCAO SIN ANG3 SIN3
108 (
109 45 MULTPL AMP3 SINAL3
110 SIN3 SINAL3
111 (
112 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
113 DEFVAL AMP3 0.5
114 DEFVAL FREQ3 5.0
115 (
116 (

```

(continua na próxima página)

```

117 ( -----
118 ( SINAL SENOIDAL AMORTECIDO APLICADO EM 1.0s
119 ( -----
120 (
121 ( SINAL4 = 0.0 ; p/ TIME < T4
122 (
123 ( (TIME-T4)/TAU4
124 ( SINAL4 = AMP4 * e * SIN( 2Pi * FREQ4 * (TIME-T4) ) ;
125 ( p/ TIME >= T4
126 (
127 ( T4 ( Instante da aplicacao da perturbacao em segundos )
128 ( AMP4 ( Amplitude da perturbacao oscilatoria )
129 ( TAU4 ( cte. de tempo da perturbacao em segundos )
130 ( FREQ4 ( frequencia da perturbacao em Hz )
131 (
132 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
133 51 ENTRAD T4
134 52 ENTRAD AMP4
135 53 ENTRAD TAU4
136 54 ENTRAD FREQ4
137 (
138 55 SOMA TIME TREL4
139 -T4 TREL4
140 (
141 56 MULTPL DPI ANG4
142 FREQ4 ANG4
143 TREL4 ANG4
144 57 FUNCAO SIN ANG4 SIN4
145 (
146 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
147 58 DIVSAO -TREL4 E4
148 TAU4 E4
149 59 FUNCAO EXP E4 EXP4 1.0 1.0 0.0
150 (
151 60 FUNCAO PULSO TREL4 DEG4 0.0 1.0 999.0 1.0
152 (
153 61 MULTPL AMP4 SINAL4
154 EXP4 SINAL4
155 SIN4 SINAL4
156 DEG4 SINAL4
157 (
158 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
159 DEFVAL T4 1.0
160 DEFVAL AMP4 1.0
161 DEFVAL TAU4 6.0
162 DEFVAL FREQ4 0.15
163 (
164 (
165 ( -----
166 ( SINAIS A SEREM EXPORTADOS PARA OUTROS CDUs
167 ( -----
168 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
169 71 EXPORT CDU SINAL1
170 72 EXPORT CDU SINAL1
171 73 EXPORT CDU SINAL1
172 74 EXPORT CDU SINAL2

```

(continuação da página anterior)

```

173 75 EXPORT CDU     SINAL3
174 76 EXPORT CDU     SINAL4
175 (
176 ( OBS: Note que se um mesmo sinal de CDU for exportado para varios
177 (   lugares devera' haver um bloco EXPORT para cada bloco IMPORT
178 (   correspondente. Portanto e' necessario criar um local de medicao
179 (   referenciando cada bloco EXPORT subtipo CDU.
180 (
181 FIMCDU
182 (
183 (
184 (
185 (ncdu) ( nome cdu )
186   0020 TESTE_CDU_02
187 (
188 ( #####
189 ( #           CDU PARA TESTE DE BLOCOS DINAMICOS           #
190 ( #           #                                           #
191 ( # Este CDU apresenta exemplo de uso dos seguintes tipos de bloco : #
192 ( #   - IMPORT subtipo CDU                               #
193 ( #   - PROINT                                           #
194 ( #   - WSHOUT                                           #
195 ( #   - LEDLAG                                           #
196 ( #   - LIMITA                                           #
197 ( #   - POL(S)                                           #
198 ( #   - GANHO                                           #
199 ( #   - SOMA                                             #
200 ( #   - EXPORT subtipo CDU                               #
201 ( #   - SAIDA                                           #
202 ( #           #                                           #
203 ( # E' exemplificada tambem a definicao de valor inicial conhecido #
204 ( # de uma variavel atraves da instrucao DEFVAL sem subtipo e a #
205 ( # a inicializacao de uma variavel com o valor de outra variavel #
206 ( # do mesmo CDU atraves da instrucao DEFVAL subtipo VAR. #
207 ( #           #                                           #
208 ( # E' exemplificada tambem a utilizacao do nome de parametro ao #
209 ( # inves de valor numerico nos campos P1, P2, P3 e P4 do registro #
210 ( # de dados de bloco e sua definicao atraves da instrucao DEFPAR #
211 ( # ( ver blocos 61, 74, 75 e 76 ). #
212 ( #           #                                           #
213 ( #####
214 (
215 (
216 ( -----
217 ( SINAIS IMPORTADOS DE OUTROS CDUs
218 ( -----
219 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
220   1 IMPORT CDU           INP1           11
221 (
222 ( OBS: Os blocos IMPORT subtipo CDU referenciam no campo p1 um local de
223 (   medicao ( ver codigo DLOC ).
224 (
225 (
226 ( -----
227 ( BLOCOS DINAMICOS DE PRIMEIRA ORDEM
228 ( -----

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

229 (
230 (          1
231 ( OUT1(S) = --- INP1(S)      polo em S = 0.0
232 (          S
233 (
234 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
235 11 PROINT      INP1  OUT1      1.0  0.0  1.0
236 12 PROINT      INP1  OUT1LD    1.0  0.0  1.0      LMIN1 LMAX1
237 (
238 (
239 (          1 + S
240 ( OUT2(S) = ----- INP1(S)      polo em S = 0.0
241 (          S          zero em S = -1.0
242 (
243 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
244 21 PROINT      INP1  OUT2      1.0  1.0  1.0
245 22 PROINT      INP1  OUT2LD    1.0  1.0  1.0      LMIN2 LMAX2
246 (
247 (
248 (          S
249 ( OUT3(S) = ----- INP1(S)      polo em S = -1.0
250 (          1 + S      zero em S = 0.0
251 (
252 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
253 31 WSHOUT      INP1  OUT3      1.0  1.0  1.0
254 32 WSHOUT      INP1  OUT3LD    1.0  1.0  1.0      LMIN3 LMAX3
255 (
256 (
257 (          1
258 ( OUT4(S) = ----- INP1(S)      polo em S = -1.0
259 (          1 + S
260 (
261 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
262 41 LEDLAG      INP1  OUT4      1.0  0.0  1.0  1.0
263 42 LEDLAG      INP1  OUT4LD    1.0  0.0  1.0  1.0 LMIN4 LMAX4
264 (
265 (
266 (          1 + S
267 ( OUT5(S) = ----- INP1(S)      polo em S = -2.0
268 (          1 + 0.5S   zero em S = -1.0
269 (
270 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
271 51 LEDLAG      INP1  OUT5      1.0  1.0  1.0  0.5
272 52 LEDLAG      INP1  OUT5LD    1.0  1.0  1.0  0.5 LMIN5 LMAX5
273 (
274 (
275 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
276 DEFVAL      OUT1      0.
277 DEFVAL      OUT1LD    0.
278 DEFVAL      OUT2      0.
279 DEFVAL      OUT2LD    0.
280 ( OBS: Neste caso nao ha' como o programa determinar a saida dos
281 (      integradores, portanto elas devem ser inicializadas pelo
282 (      usuario.
283 (
284 ( Valores dos limites

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

285 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
286 DEFVAL      LMIN1      -2.
287 DEFVAL      LMAX1      2.
288 DEFVAL VAR   LMIN2 LMIN1
289 DEFVAL VAR   LMAX2 LMAX1
290 DEFVAL      LMIN3      -0.5
291 DEFVAL      LMAX3      0.5
292 DEFVAL VAR   LMIN4 LMIN3
293 DEFVAL VAR   LMAX4 LMAX3
294 DEFVAL VAR   LMIN5 LMIN3
295 DEFVAL VAR   LMAX5 LMAX3
296 (
297 ( OBS: Observe que o programa permite inicializar o valor de uma
298 (   variavel com o de outra do mesmo CDU, sem a necessidade de local
299 (   de medicao, usando-se a instrucao DEFVAL subtipo VAR. E' impor-
300 (   tante frisar que as duas variaveis devem pertencer ao mesmo
301 (   CDU. Caso o valor para inicializacao venha de uma variavel de
302 (   outro CDU deve-se usar o comando DEFVAL subtipo CDU referencian-
303 (   do o correspondente local de medicao.
304 (
305 (   Os limites de blocos tipo PROINT, WSHOUT e LEDLAG sao do tipo
306 (   dinamico, isto e', a variavel de estado e' limitada ao inves da
307 (   sua saida.
308 (
309 (   Quando a funcao do bloco nao possui um zero a variavel de estado
310 (   e' igual à saida do bloco (por exemplo blocos 11, 12, 41 e 42).
311 (   Quando a funcao do bloco possui um zero a variavel de estado e'
312 (   diferente da variavel de saida do bloco e esta ultima pode
313 (   ultrapassar o limite fornecido (por exemplo blocos 22, 32 e 52).
314 (   Neste caso deve-se em geral colocar um bloco limitador estatico
315 (   em serie com o bloco com o limite dinamico, se o usuario desejar
316 (   garantir que a saida resultante nao ultrapasse os limites.
317 (
318 (
319 ( -----
320 ( BLOCOS LIMITADORES ESTATICOS
321 ( -----
322 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
323 13 LIMITA      OUT1  OUT1LS                LMIN1 LMAX1
324 23 LIMITA      OUT2  OUT2LS                LMIN2 LMAX2
325 33 LIMITA      OUT3  OUT3LS                LMIN3 LMAX3
326 43 LIMITA      OUT4  OUT4LS                LMIN4 LMAX4
327 53 LIMITA      OUT5  OUT5LS                LMIN5 LMAX5
328 (
329 ( OBS: No caso de blocos limitadores estaticos a saida corresponde
330 (   simplesmente à entrada limitada. Observe pela simulacao
331 (   que um bloco do tipo K/(1+ST) com limite dinamico responde
332 (   mais rapido que aquele com limite estatico na hora de sair
333 (   do limite ( comparar saida do bloco 42 com a do 43 ).
334 (
335 (
336 ( -----
337 ( BLOCO DINAMICO DE SEGUNDA ORDEM
338 ( REPRESENTADO POR BLOCO TIPO POL(S)
339 ( -----
340 (

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

341 (
342 ( OUT6(S) = ----- INP1(S)      polos em S = -1.25 + j 11.97
343 (          S**2 + 2.5 S + 144          -1.25 - j 11.97
344 (
345 (EFPAR (nome) ( valor )
346 DEFPAR #K1          144.0
347 DEFPAR #K2          2.5
348 (
349 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
350 61 POL(S)          INP1  OUT6          #K1
351          1.0#K2  #K1
352 (
353 ( OBS: Este tipo de bloco usa sempre dois registros de dados.
354 (   Blocos tipo POL(S) nao admitem limites dinamicos ( campos VMIN
355 (   e VMAX devem ser deixados em branco ).
356 (
357 (
358 ( -----
359 ( BLOCO DINAMICO DE SEGUNDA ORDEM
360 ( REPRESENTADO POR BLOCOS DE PRIMEIRA
361 ( ORDEM ( FORMULACAO DE ESTADO )
362 ( -----
363 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
364 71 SOMA          +INP1  A
365          -Z1      A
366          -Z2      A
367 72 PROINT        A      X2          1.0  0.0  1.0
368 73 PROINT        X2      X1          1.0  0.0  1.0
369 74 GANHO          X1      Z1          #K1
370 75 GANHO          X2      Z2          #K2
371 76 GANHO          X1      W1          #K1
372 ( 77 GANHO          X2      W2          0.0
373 ( 78 GANHO          A      W3          0.0
374 79 SOMA          +W1      OUT7
375 (          +W2      OUT7
376 (          +W3      OUT7
377 (
378 ( OBS: Os blocos 77 e 78 podem ser necessarios caso se deseje alterar a
379 (   funcao de transferencia.
380 (
381 (   As variaveis X1 e X2 correspondem às variaveis de estado da
382 (   funcao de 2a ordem.
383 (
384 (   Comparando-se os sinais OUT6 e OUT7 e' possivel verificar que os
385 (   os blocos 71 a 79 produzem exatamente a mesma funcao de transfe-
386 (   rencia do bloco 61.
387 (
388 (
389 ( -----
390 ( SINAIS A SEREM EXPORTADOS PARA OUTROS CDUs
391 ( -----
392 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
393 81 EXPORT CDU      OUT3
394 82 EXPORT CDU      OUT4
395 83 EXPORT CDU      OUT5
396 (

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

397 (
398 ( -----
399 ( BLOCOS TERMINADORES DE SAIDA
400 ( -----
401 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
402 91 SAIDA          OUT1
403 92 SAIDA          OUT1LD
404 93 SAIDA          OUT1LS
405 94 SAIDA          OUT2
406 95 SAIDA          OUT2LD
407 96 SAIDA          OUT2LS
408 97 SAIDA          OUT3LD
409 98 SAIDA          OUT3LS
410 99 SAIDA          OUT4LD
411 100 SAIDA         OUT4LS
412 101 SAIDA         OUT5LD
413 102 SAIDA         OUT5LS
414 103 SAIDA         OUT6
415 104 SAIDA         OUT7
416 (
417 ( OBS: Os blocos tipo SAIDA devem ser conectados na saida de blocos
418 (   cuja variavel nao e' entrada ou limite de nenhum outro bloco.
419 (   Isto e' necessario para que a logica do programa identifique
420 (   corretamente se nao foi esquecida nenhuma ligacao.
421 (
422 FIMCDU
423 (
424 (
425 (
426 (ncdu) ( nome cdu )
427 0030 TESTE_CDU_03
428 (
429 ( #####
430 ( #          CDU PARA TESTE DE BLOCOS TIPO FUNCAO          #
431 ( #          #
432 ( # Este CDU apresenta exemplo de uso dos seguintes tipos de bloco : #
433 ( # - ENTRAD          #
434 ( # - IMPORT subtipo TEMPO          #
435 ( # - MULTPL          #
436 ( # - GANHO          #
437 ( # - LIMITA          #
438 ( # - SAIDA          #
439 ( # - FUNCAO subtipos MENOS, DEGREE, RADIAN, SIN, COS, TAN, ASIN, #
440 ( #          ACOS, ATAN, X**2, SQRT, ABS, INVRS, EXP, #
441 ( #          TRUNC, ROUND, PULSO, RAMPa, RETA, DEADB1, #
442 ( #          DEADB2, SAT01 e PONTOS. #
443 ( #          #
444 ( # E' exemplificada tambem a definicao de valor inicial conhecido #
445 ( # de uma variavel atraves da instrucao DEFVAL sem subtipo. #
446 ( #          #
447 ( # E' exemplificada tambem a utilizacao do nome de parametro ao #
448 ( # inves de valor numerico nos campos P1, P2, P3 e P4 do registro #
449 ( # de dados de bloco e sua definicao atraves da instrucao DEFPAR #
450 ( # ( ver bloco 61 ). Notar a utilizacao do sinal "-" antes do nome #
451 ( # do parametro no campo P2. #
452 ( #          #

```

(continua na próxima página)

```

453 ( #####
454 (
455 (
456 ( -----
457 ( TEMPO DE SIMULACAO
458 ( -----
459 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
460     1 IMPORT TEMPO          TIME
461 (
462 (
463 ( -----
464 ( ANGULO PARA UMA FREQUENCIA DE 0.1 Hz
465 ( -----
466 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
467     11 ENTRAD             FREQ1
468 (
469 ( Angulo em graus
470 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
471     12 MULTPL             FREQ1 FT
472                             TIME FT
473     13 GANHO              FT     ANG1D     360.
474 (
475 ( Conversao de graus para radianos
476 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
477     14 FUNCAO RADIAN ANG1D  ANG1R
478 (
479 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
480 DEFVAL          FREQ1     0.1
481 (
482 (
483 ( -----
484 ( FUNCOES TRIGONOMETRICAS
485 ( -----
486 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
487     21 FUNCAO SIN         ANG1R  SIN1
488     22 FUNCAO COS         ANG1R  COS1
489     23 FUNCAO TAN         ANG1R  TAN1
490 (
491 (
492 ( -----
493 ( FUNCOES TRIGONOMETRICAS INVERSAS
494 ( -----
495 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
496     31 FUNCAO ASIN        SIN1   ASIN1R
497     32 FUNCAO ACOS        COS1   ACOS1R
498     33 FUNCAO ATAN        TAN1   ATAN1R
499 (
500 ( Conversao de radianos para graus
501 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
502     34 FUNCAO DEGREE ASIN1R ASIN1D
503     35 FUNCAO DEGREE ACOS1R ACOS1D
504     36 FUNCAO DEGREE ATAN1R ATAN1D
505 (
506 (
507 ( -----
508 ( FUNCOES QUADRADO, RAIZ QUADRADA, VALOR ABSOLUTO e SINAL MENOS

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

509 ( -----
510 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
511 41 FUNCAO X**2 SIN1 SIN**2
512 42 FUNCAO ABS SIN1 ABSSIN
513 43 FUNCAO SQRT ABSSIN SQRSIN
514 44 FUNCAO MENOS SIN1 MSIN1
515 (
516 (
517 ( -----
518 ( FUNCAO 1/X
519 ( -----
520 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
521 51 LIMITA TIME TLIM LMIN1 LMAX1
522 52 FUNCAO INVRS TLIM USX
523 (
524 ( Valores dos limites
525 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
526 DEFVAL LMIN1 0.05
527 DEFVAL LMAX1 99999.
528 (
529 (
530 ( -----
531 ( FUNCAO EXPONENCIAL
532 ( -----
533 (
534 ( -0.25 * (TIME-1.0)
535 ( EXP1 = 2.0 * e
536 (
537 (EFPAR (nome) ( valor )
538 DEFPAR #A 2.0
539 DEFPAR #B 0.25
540 (
541 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
542 61 FUNCAO EXP TIME EXP1 #A -#B 1.0
543 (
544 (
545 ( -----
546 ( FUNCOES PARA TRUNCAMENTO E ARREDONDAMENTO
547 ( -----
548 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
549 71 FUNCAO TRUNC TIME INTT
550 72 FUNCAO ROUND TIME INTR
551 (
552 (
553 ( -----
554 ( FUNCAO PULSO
555 ( -----
556 (
557 ( ^
558 ( PULSO1 |
559 ( | 2.0 *****
560 ( | * *
561 ( | * 1.0 *****
562 ( | *
563 ( *****-----+----->
564 ( | 1.0 10.0 TIME (seg.)

```

(continua na próxima página)



(continuação da página anterior)

```

621 (
622 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
623 84 FUNCAO DEADB1 SIN1 DBAND1 -0.5 0.5 2.0 2.0
624 (
625 (
626 ( -----
627 ( FUNCAO BANDA MORTA ( TIPO 2 )
628 ( -----
629 (
630 ( ^
631 ( DBAND2 |
632 ( | P4 *****
633 ( | *
634 ( | *
635 ( P1 | *
636 ( -----*****----->
637 ( * | P3 X
638 ( * |
639 ( * |
640 ( ***** P2 |
641 ( |
642 (

```

```

643 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
644 85 FUNCAO DEADB2 SIN1 DBAND2 -0.5 -1.0 0.5 1.0
645 (
646 (
647 ( -----
648 ( FUNCAO DE SATURACAO POR DUAS RETAS
649 ( -----
650 (
651 ( ^
652 ( SAT1 |
653 ( | *
654 ( P4 |-----*
655 ( | * |
656 ( | * |
657 ( | * |
658 ( P2 |---*-----|
659 ( | * |
660 ( | * |
661 ( |* |
662 ( -----*----->
663 ( *| P1 P3 X
664 ( *|
665 ( *|
666 ( *|
667 ( *|
668 ( *|
669 ( *|
670 ( *|
671 (

```

```

672 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
673 86 FUNCAO SAT01 SIN1 SAT1 0.8 0.1 1.0 1.0
674 (
675 (
676 ( -----

```

(continua na próxima página)

```

677 ( BLOCOS COM NAO-LINEARIDADE POR PONTOS
678 ( -----
679 (
680 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
681 87 FUNCAO RETA TIME TIME2 1.0 -10.
682 (
683 88 FUNCAO PONTOS TIME2 NONL1 -7.4 -2.01
684 -7.2 -2.00
685 -3.2 -1.80
686 -1.2 -1.30
687 1.2 1.30
688 3.2 1.80
689 7.2 2.00
690 7.4 2.01
691 (
692 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
693 89 FUNCAO PONTOS TIME2 NONL2 -10.0 0.00 -8.0 0.20
694 -6.0 0.40 -4.0 1.00
695 -2.0 1.80 0.0 2.00
696 2.0 1.80 4.0 1.00
697 6.0 0.40 8.0 0.20
698 10.0 0.00
699 (
700 ( OBS: Os pontos sao dados em pares ( X, Y ) correspondentes aos pares
701 ( ( p1, p2 ) e ( p3, p4 ) .
702 ( Os pontos devem ser dados por ordem crescente de X.
703 ( Caso ambos os campos do par estejam em branco o par e' ignorado.
704 ( Se apenas um dos campos do par estiver em branco este campo
705 ( assumira' o valor zero.
706 ( Dois pontos consecutivos na curva nao podem ter o mesmo valor
707 ( de X ou de Y .
708 (
709 (
710 ( -----
711 ( BLOCOS TERMINADORES DE SAIDA
712 ( -----
713 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
714 100 SAIDA ASIN1D
715 101 SAIDA ACOS1D
716 102 SAIDA ATAN1D
717 103 SAIDA SIN**2
718 104 SAIDA MSIN1
719 105 SAIDA SQRSIN
720 106 SAIDA USX
721 107 SAIDA EXP1
722 108 SAIDA INTT
723 109 SAIDA INTR
724 110 SAIDA PULSO1
725 111 SAIDA RAMP1
726 112 SAIDA RETA1
727 113 SAIDA DBAND1
728 114 SAIDA DBAND2
729 115 SAIDA SAT1
730 116 SAIDA NONL1
731 117 SAIDA NONL2
732 (

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

733 ( OBS: Os blocos tipo SAIDA devem ser conectados na saída de blocos
734 (   cuja variavel nao e' entrada ou limite de nenhum outro bloco.
735 (   Isto e' necessario para que a logica do programa identifique
736 (   corretamente se nao foi esquecida nenhuma ligacao.
737 (
738 FIMCDU
739 (
740 (
741 (
742 (ncdu) ( nome cdu )
743   0040 TESTE_CDU_04
744 (
745 ( #####
746 ( #           CDU PARA TESTE DE NOVOS TIPOS DE BLOCOS           #
747 ( #                                                                 #
748 ( # Este CDU apresenta exemplo de uso dos seguintes tipos de bloco : #
749 ( #   - ENTRAD                                                                 #
750 ( #   - IMPORT subtipos DT e CDU                                                                 #
751 ( #   - SOMA                                                                 #
752 ( #   - MULTPL                                                                 #
753 ( #   - DIVSAO                                                                 #
754 ( #   - FUNCAO subtipos INVRS e PULSO                                                                 #
755 ( #   - MAX      ( novo )                                                                 #
756 ( #   - MIN      ( novo )                                                                 #
757 ( #   - DELAY   ( novo )                                                                 #
758 ( #   - ACUM    ( novo )                                                                 #
759 ( #   - T/HOLD  ( novo )                                                                 #
760 ( #   - S/HOLD  ( novo )                                                                 #
761 ( #   - SAIDA   ( novo )                                                                 #
762 ( #                                                                 #
763 ( # E' exemplificada tambem a definicao de valor inicial conhecido #
764 ( # de uma variavel atraves da instrucao DEFVAL sem subtipo.   #
765 ( #                                                                 #
766 ( #####
767 (
768 (
769 ( -----
770 ( SINAIS IMPORTADOS DE OUTROS CDUs
771 ( -----
772 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
773   1 IMPORT CDU           OUT3      21
774   2 IMPORT CDU           OUT4      22
775   3 IMPORT CDU           OUT5      23
776   4 IMPORT CDU           SINAL4    16
777 (
778 ( OBS: Os blocos IMPORT subtipo CDU referenciam no campo p1 um local de
779 (   medicao ( ver codigo DLOC ).
780 (
781 (
782 ( -----
783 ( BLOCOS SELETORES DE VALOR MAXIMO / MINIMO
784 ( -----
785 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
786   11 MAX                OUT3      VMAX
787                       OUT4      VMAX
788                       OUT5      VMAX

```

(continua na próxima página)

```

789 (
790 12 MIN          OUT3  VMIN
791              OUT4  VMIN
792              OUT5  VMIN
793 (
794 (
795 ( -----
796 ( BLOCOS COM ATRASO FIXO DE UM PASSO DE INTEGRACAO
797 ( -----
798 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
799 21 DELAY      OUT4  DEL1
800 22 DELAY      DEL1  DEL2
801 23 DELAY      DEL2  DEL3
802 24 DELAY      DEL3  DEL4
803 25 DELAY      DEL4  DEL5
804 26 DELAY      DEL5  DEL6
805 27 DELAY      DEL6  DEL7
806 28 DELAY      DEL7  DEL8
807 29 DELAY      DEL8  DEL9
808 30 DELAY      DEL9  DEL10
809 (
810 ( OBS: O atraso do sinal DEL10 em relacao ao sinal INP1 e' de 10*DT.
811 (
812 (
813 ( -----
814 ( GERACAO DE ONDA "DENTE DE SERRA" USANDO BLOCO ACUMULADOR RESETAVEL
815 ( -----
816 (
817 ( STEP - passo de integracao
818 ( FREQ1 - frequencia da dente de serra
819 ( PER1 - periodo da dente de serra
820 ( NSTEP - numero de passos correspondentes ao periodo da dente de serra
821 ( LEVEL - valor que o acumulador deve atingir para ser resetado
822 (
823 (
824 ( ** Calculo do nivel para reset do acumulador **
825 (
826 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
827 40 IMPORT DT      STEP
828 41 ENTRAD         DOIS
829 42 ENTRAD         FREQ1
830 (
831 43 FUNCAO INVRS  FREQ1 PER1
832 44 DIVSAO        PER1  NSTEP
833              STEP  NSTEP
834 45 SOMA          NSTEP LEVEL
835              -DOIS LEVEL
836 (
837 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
838 DEFVAL      DOIS      2.0
839 DEFVAL      FREQ1     3.0
840 (
841 (
842 ( ** Geracao do sinal de reset do acumulador ( sinal RESETA ) **
843 (
844 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

845 46 SOMA          ACUMUL RESET
846                -LEVEL RESET
847 47 DELAY        RESET RESETA
848 (
849 ( OBS: E' necessario acrescentar um atraso de um DT no sinal de reset
850 (   ( atraves de um bloco DELAY ) para evitar mudancas de estado do
851 (   bloco acumulador durante as iteracoes da solucao no instante em
852 (   o que o acumulador vai ser resetado. Este procedimento e' em
853 (   geral necessario para as entradas de controle dos blocos tipo
854 (   ACUM, S/HOLD e T/HOLD.
855 (
856 (   Para que a duracao da onda "dente de serra" seja igual a PER1 o
857 (   acumulador deve ser resetado apos atingir o valor NSTEP-1. No
858 (   entanto devido ao atraso imposto ao pulso de reset este valor
859 (   deve ser compensado usando-se LEVEL = NSTEP-2 .
860 (
861 (
862 ( ** Geracao de uma dente de serra pela acumulacao do valor 1.0 **
863 ( ** a cada DT e pelo reset do acumulador ao final de cada ciclo **
864 (
865 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
866 48 ACUM          INPUT ACUMUL
867                HOLD ACUMUL
868                RESETA ACUMUL
869                ACUM0 ACUMUL
870 49 ENTRAD       INPUT
871 50 ENTRAD       HOLD
872 51 ENTRAD       ACUM0
873 (
874 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
875 DEFVAL INPUT 1.0
876 DEFVAL HOLD 0.0
877 DEFVAL ACUM0 0.0
878 DEFVAL ACUMUL 0.0
879 (
880 ( OBS: Como o sinal HOLD e' igual a 0.0 o acumulador estara' sempre
881 (   em estado de acumulacao enquanto o sinal RESETA =< 0.0. Quando
882 (   RESETA fica > 0.0 a variavel ACUMUL e' inicializada com o valor
883 (   ACUM0 ( = 0.0 ).
884 (
885 (
886 ( ** Convertendo o valor do acumulador para segundos **
887 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
888 52 MULTPL       ACUMUL TIMER
889                STEP TIMER
890 (
891 (
892 ( -----
893 ( GERACAO DE UM TREM DE PULSOS COM FREQUENCIA FREQ1 E LARGURA 0.1s
894 ( -----
895 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
896 61 FUNCAO PULSO TIMER CLOCK 0.0 1.0 0.15 0.0
897 (
898 (
899 ( -----
900 ( BLOCOS TRACK/HOLD E SAMPLE/HOLD COM UMA SENOIDE AMORTECIDA

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

901 ( APLICADA À ENTRADA E CHAVEADOS POR UM TREM DE PULSOS DE
902 ( FREQUENCIA FREQ1 e LARGURA 150ms
903 ( -----
904 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
905     71 T/HOLD          SIN4 T/H
906                   CLOCK T/H
907 (
908     72 S/HOLD          SIN4 S/H
909                   CLOCK S/H
910 (
911 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
912 DEFVAL      T/H      0.0
913 DEFVAL      S/H      0.0
914 (
915 (
916 ( -----
917 ( BLOCOS TERMINADORES DE SAIDA
918 ( -----
919 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
920     80 SAIDA          VMAX
921     81 SAIDA          VMIN
922     82 SAIDA          DEL10
923     83 SAIDA          T/H
924     84 SAIDA          S/H
925 (
926 ( OBS: Os blocos tipo SAIDA devem ser conectados na saída de blocos
927 (       cuja variavel nao e' entrada ou limite de nenhum outro bloco.
928 (       Isto e' necessario para que a logica do programa identifique
929 (       corretamente se nao foi esquecida nenhuma ligacao.
930 (
931 FIMCDU
932 (
933 (
934 (
935 (ncdu) ( nome cdu )
936     0050 TESTE_CDU_05
937 (
938 ( #####
939 ( #           CDU PARA EXEMPLO DE SIMULACAO DE RELAY           #
940 ( #           ATRAVES DE BLOCOS ELEMENTARES                   #
941 ( #           E USANDO BLOCO SELET2                             #
942 ( #           #                                                 #
943 ( # Este CDU apresenta exemplo de uso dos seguintes tipos de bloco : #
944 ( # - IMPORT subtipo CDU                                       #
945 ( # - SOMA                                                       #
946 ( # - MULTPL                                                    #
947 ( # - FUNCAO subtipos ABS, PULSO e RETA                        #
948 ( # - SAIDA                                                      #
949 ( # - SELET2                                                    #
950 ( #           #                                                 #
951 ( #####
952 (
953 (
954 ( -----
955 ( SINAIS IMPORTADOS DE OUTROS CDUs
956 ( -----

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

957 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
958 1 IMPORT CDU          INP1      14
959 2 IMPORT CDU          INP2      15
960 3 IMPORT CDU          INP3      12
961 4 FUNCAO ABS         INP3      ABSINP
962 5 FUNCAO RETA        ABSINP     CONTR      2.0  -1.0
963 (
964 ( OBS: Os blocos IMPORT subtipo CDU referenciam no campo p1 um local de
965 (   medicao ( ver codigo DLOC ).
966 (
967 (
968 ( -----
969 ( REPRESENTACAO DO RELAY
970 ( -----
971 (
972 (           +-----+
973 ( INP1  ----->|           |   OUTREL
974 (           |           |----->
975 ( INP2  ----->|           |
976 (           +-----+
977 (               ^
978 (               |
979 (               CONTR
980 (
981 ( Os sinais INP1 e INP2 serao usados como entradas do RELAY.
982 ( O sinal CONTR sera' usado para controle do RELAY :
983 (   CONTR <= 0    -->  OUTREL = INP1
984 (   CONTR > 0    -->  OUTREL = INP2
985 (
986 ( ** Traducao do sinal de controle para um valor logico ( 0 OU 1 )
987 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
988 21 FUNCAO PULSO     CONTR LOGIC      0.0  1.0 999.0  1.0
989 (
990 ( ** Obtencao da negacao do sinal logico
991 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
992 22 FUNCAO RETA     LOGIC  NLOGIC    -1.0  1.0
993 (
994 ( ** Combinacao das entradas com os sinais logicos para obter o RELAY
995 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
996 23 MULTPL          INP1  PROD1
997                   NLOGIC PROD1
998 24 MULTPL          INP2  PROD2
999                   LOGIC  PROD2
1000 25 SOMA            PROD1  OUTREL
1001                   PROD2  OUTREL
1002 (
1003 (
1004 ( ** A partir da versao V03-01/96 o RELAY pode ser representado diretamente
1005 (   pelo bloco tipo SELET2.
1006 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
1007 26 SELET2          PROD1  OUTSEL
1008                   PROD2  OUTSEL
1009                   CONTR  OUTSEL
1010 ( obs: Convem notar que o comportamento do bloco SELET2 do ANATEM e do
1011 (   elemento RELAY do TRANSDIR sao diferentes quando a entrada e'
1012 (   exatamente igual a zero ( SELET2 seleciona a primeira entrada e

```

(continua na próxima página)

```

1013 ( RELAY seleciona a segunda entrada ).
1014 (
1015 (
1016 ( -----
1017 ( BLOCOS TERMINADORES DE SAIDA
1018 ( -----
1019 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
1020 30 SAIDA OUTREL
1021 31 SAIDA OUTSEL
1022 (
1023 FIMCDU
1024 (
1025 (
1026 (
1027 (ncdu) ( nome cdu )
1028 0060 TESTE_CDU_06
1029 (
1030 ( #####
1031 ( # CDU PARA EXEMPLO DE PROBLEMAS NA INICIALIZACAO AUTOMATICA #
1032 ( # #
1033 ( # CASO 1 - Canais paralelos com inicializacao da saida para #
1034 ( # a entrada do CDU #
1035 ( # #
1036 ( # CASO 2 - Realimentacao com inicializacao da entrada para #
1037 ( # saida do CDU #
1038 ( # #
1039 ( # Este CDU apresenta exemplo de uso dos seguintes tipos de bloco : #
1040 ( # - ENTRAD #
1041 ( # - IMPORT subtipo CDU #
1042 ( # - SOMA #
1043 ( # - LEDLAG #
1044 ( # - GANHO #
1045 ( # - FRACAO #
1046 ( # - SAIDA #
1047 ( # #
1048 ( # E' exemplificada tambem a definicao de valor inicial conhecido #
1049 ( # de uma variavel atraves da instrucao DEFVAL sem subtipo e a #
1050 ( # a inicializacao de uma variavel com o valor de outra variavel #
1051 ( # do mesmo CDU atraves da instrucao DEFVAL subtipo VAR. #
1052 ( # #
1053 ( #####
1054 (
1055 (
1056 ( -----
1057 ( SINAIS IMPORTADOS DE OUTROS CDUs
1058 ( -----
1059 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
1060 1 IMPORT CDU INP1 13
1061 (
1062 ( OBS: Os blocos IMPORT subtipo CDU referenciam no campo p1 um local de
1063 ( medicao ( ver codigo DLOC ).
1064 (
1065 (
1066 ( -----
1067 ( CASO 1 - CANAIS PARALELOS COM INICIALIZACAO DA SAIDA PARA A ENTRADA
1068 ( DO CDU

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

1069 ( -----
1070 (
1071 (
1072 (
1073 (
1074 (
1075 (
1076 (
1077 (
1078 (
1079 (
1080 (
1081 (
1082 (
1083 (
1084 (
1085 (
1086 (
1087 (
1088 (
1089 (
1090 (
1091 (
1092 (
1093 (
1094 (
1095 (
1096 (
1097 (
1098 (
1099 (
1100 (
1101 (
1102 (
1103 (
1104 (
1105 (
1106 (
1107 (
1108 (
1109 (
1110 (
1111 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
1112 11 ENTRAD REF1
1113 12 SOMA +INP1 X1
1114 -REF1 X1
1115 (
1116 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
1117 13 LEDLAG X1 X2 1.0 0.0 1.0 1.0
1118 14 LEDLAG X1 X3 1.1 0.0 1.0 0.2
1119 15 SOMA -X2 X4
1120 +X3 X4
1121 (
1122 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
1123 DEFVAL X4 1.0
1124 (

```

(continua na próxima página)

```

1125 (
1126 ( ** bloco auxiliar para inicializacao **
1127 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
1128 21*FRACAO      X4      X5      1.0  0.0  1.1  -1.0
1129 22*SAIDA       X5
1130 ( obs: Notar o caracter "*" na coluna 5 dos registros referentes aos
1131 ( bloco 21 e 22, sinalizando que estes blocos serao utilizados
1132 ( apenas na inicializacao do CDU, sendo ignorados durante a
1133 ( simulacao no tempo.
1134 (
1135 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
1136 DEFVAL VAR      X1      X5
1137 (
1138 (
1139 (
1140 ( -----
1141 ( CASO 2 - REALIMENTACAO COM INICIALIZACAO DA ENTRADA PARA A SAIDA
1142 ( DO CDU
1143 ( -----
1144 (
1145 ( SENTIDO DE
1146 ( INICIALIZACAO
1147 ( ----->
1148 (
1149 (
1150 (          X6  +  ---  X7  |  K1  |          X8
1151 (  ---+----->| + |----->| ----- |-----+----->-----
1152 (  |          ---  | 1 + S T1 |          |
1153 (  |          - ^      +-----+          |          ^
1154 (  |          |          |          |          .
1155 (  |          |          |          |          . D
1156 (  |          |  X9      +-----+          |          . E
1157 (  |          +-----+-----| K2 |<-----+          . F
1158 (  |          |          +-----+          . V
1159 (  |          |          |          . A
1160 (  |          |          |          . L
1161 (  |          |          |          .      +---+
1162 (  |          |          +-----+          |          | S \
1163 (  |          |          |  K1  |          X10  |          | A \
1164 (  +-----+----->| ----- |----->-----+-----+-----| I  *
1165 (  |          | 1 + K1 K2 |          |          | D /
1166 (  +-----+-----+          |          | A /
1167 (  |          |          +-----+
1168 (
1169 ( No esquema acima se as variaveis X7, X8 e X9 sao desconhecidas e
1170 ( a variavel X6 e' conhecida a inicializacao do CDU deve se fazer no
1171 ( sentido indicado ( da entrada para a saida do CDU ).
1172 (
1173 ( No entanto como o programa faz uma inicializacao bloco a bloco e'
1174 ( impossivel no diagrama acima prosseguir a inicializacao automatica
1175 ( alem do bloco somador pois este possui uma entrada ( X9 ) e a saida
1176 ( ( X7 ) desconhecidas.
1177 (
1178 ( Como sabemos que o ganho em regime resultante do bloco realimentado
1179 ( corresponde a  $K1/(1+K1K2)$  pode-se calcular o valor inicial da varia-
1180 ( vel X8 usando um bloco auxiliar com ganho  $K1/(1+K1K2)$ . O valor

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

1181 ( inicial da variavel X10 e' transportado para a variavel X8 atraves
1182 ( da instrucao DEFVAL.
1183 (
1184 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
1185 31 ENTRAD          REF2
1186 32 SOMA            +INP1 X6
1187                  -REF2 X6
1188 (
1189 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
1190 33 SOMA            +X6 X7
1191                  -X9 X7
1192 34 LEDLAG          X7 X8 2.0 0.0 1.0 1.0
1193 35 GANHO           X8 X9 0.5
1194 (
1195 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
1196 DEFVAL X6 1.0
1197 (
1198 (
1199 ( ** bloco auxiliar para inicializacao **
1200 (
1201 ( K1
1202 ( K1 = 2.0 K2 = 0.5 ==> ----- = 1.0
1203 ( 1 + K1 K2
1204 (
1205 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
1206 41*GANHO          X6 X10 1.0
1207 42*SAIDA          X10
1208 ( obs: Notar o caracter "*" na coluna 5 dos registros referentes aos
1209 ( blocos 41 e 42, sinalizando que estes blocos serao utilizados
1210 ( apenas na inicializacao do CDU, sendo ignorados durante a
1211 ( simulacao no tempo.
1212 (
1213 (EFVAL (stip) (vdef) ( d1 )
1214 DEFVAL VAR X8 X10
1215 (
1216 FIMCDU
1217 (
1218 (
1219 999999

```

### Sinais exportados para outros CDUs no modo ANAC

O trecho a seguir destaca exemplos de sinais exportados para outros CDUs neste caso exemplo:

Listagem 34.5: Sinais exportados para outros CDUs

```

1 ( -----
2 ( SINAIS A SEREM EXPORTADOS PARA OUTROS CDUs
3 ( -----
4 (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5 71 EXPORT CDU SINAL1
6 72 EXPORT CDU SINAL1
7 73 EXPORT CDU SINAL1
8 74 EXPORT CDU SINAL2
9 75 EXPORT CDU SINAL3

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

10 76 EXPORT CDU    SINAL4
11  (
12  ( OBS: Note que se um mesmo sinal de CDU for exportado para varios
13  (   lugares devera' haver um bloco EXPORT para cada bloco IMPORT
14  (   correspondente. Portanto e' necessario criar um local de medicao
15  (   referenciando cada bloco EXPORT subtipo CDU.

```

### Sinais importados de outros CDUs no modo ANAC

O trecho a seguir destaca exemplos de sinais importados de outros CDUs neste caso exemplo:

Listagem 34.6: Sinais importados de outros CDUs

```

1  ( -----
2  ( SINAIS IMPORTADOS DE OUTROS CDUs
3  ( -----
4  (nb)i(tipo) (stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
5  1 IMPORT CDU          INP1      14
6  2 IMPORT CDU          INP2      15
7  3 IMPORT CDU          INP3      12

```

### Definição de locais de exportação/importação de sinais de CDUs

Para viabilizar a importação/exportação de sinais entre CDUs no modo **ANAC** há necessidade de criar locais remotos de medição, conforme ilustrado a seguir:

Listagem 34.7: Sinais exportados de um CDU para importação em outro CDU

```

1  (=====
2  ( LOCAIS DE MEDICAO
3  (=====
4  DLOC
5  (Lc)   (Tipo)( El )( Pa)Nc( Ex)Gr(BI)
6  11  CDU    10      71   ( SINAL1 - TESTE_CDU_01 )
7  12  CDU    10      72   ( SINAL1 - TESTE_CDU_01 )
8  13  CDU    10      73   ( SINAL1 - TESTE_CDU_01 )
9  14  CDU    10      74   ( SINAL2 - TESTE_CDU_01 )
10 15  CDU    10      75   ( SINAL3 - TESTE_CDU_01 )
11 16  CDU    10      76   ( SINAL4 - TESTE_CDU_01 )
12 21  CDU    20      81   ( OUT3  - TESTE_CDU_02 )
13 22  CDU    20      82   ( OUT4  - TESTE_CDU_02 )
14 23  CDU    20      83   ( OUT5  - TESTE_CDU_02 )
15  (
16  999999

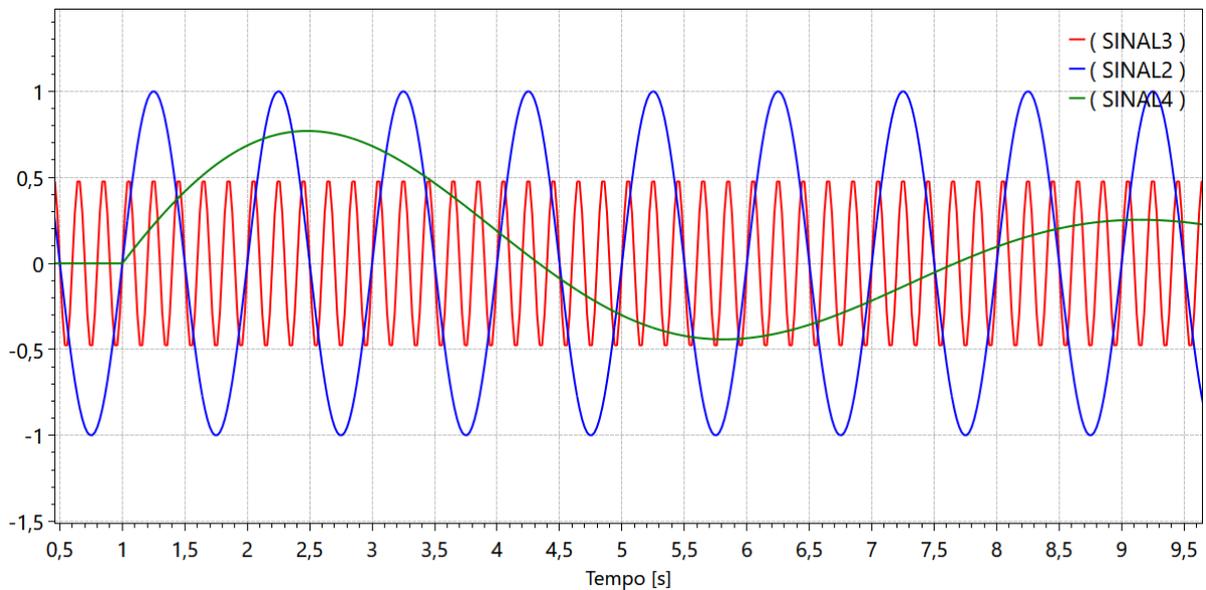
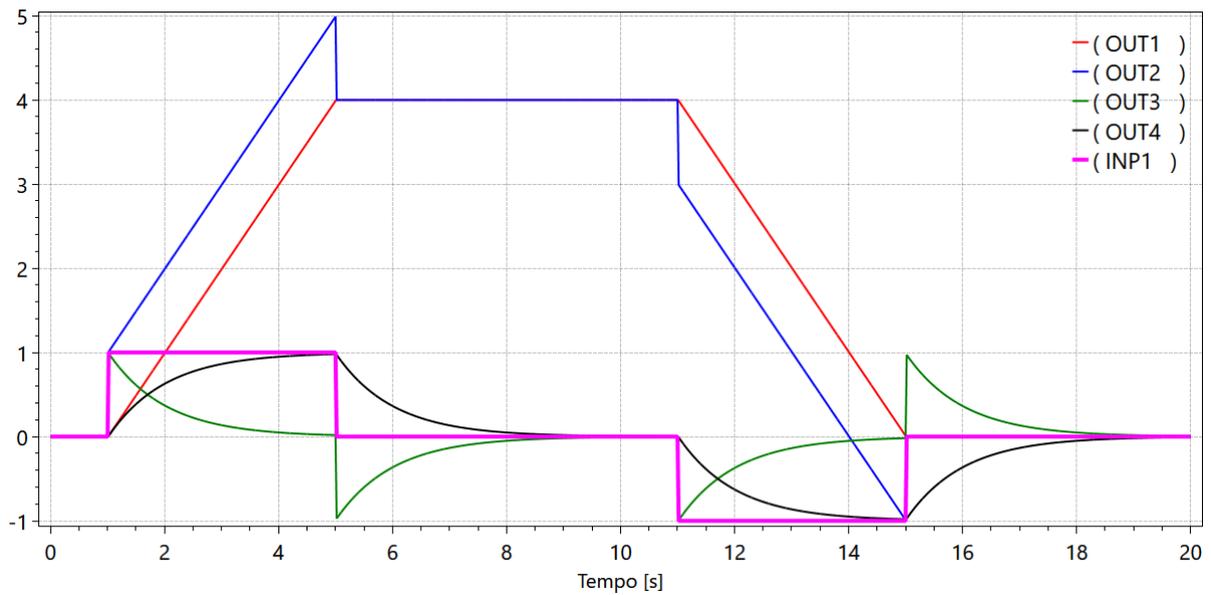
```

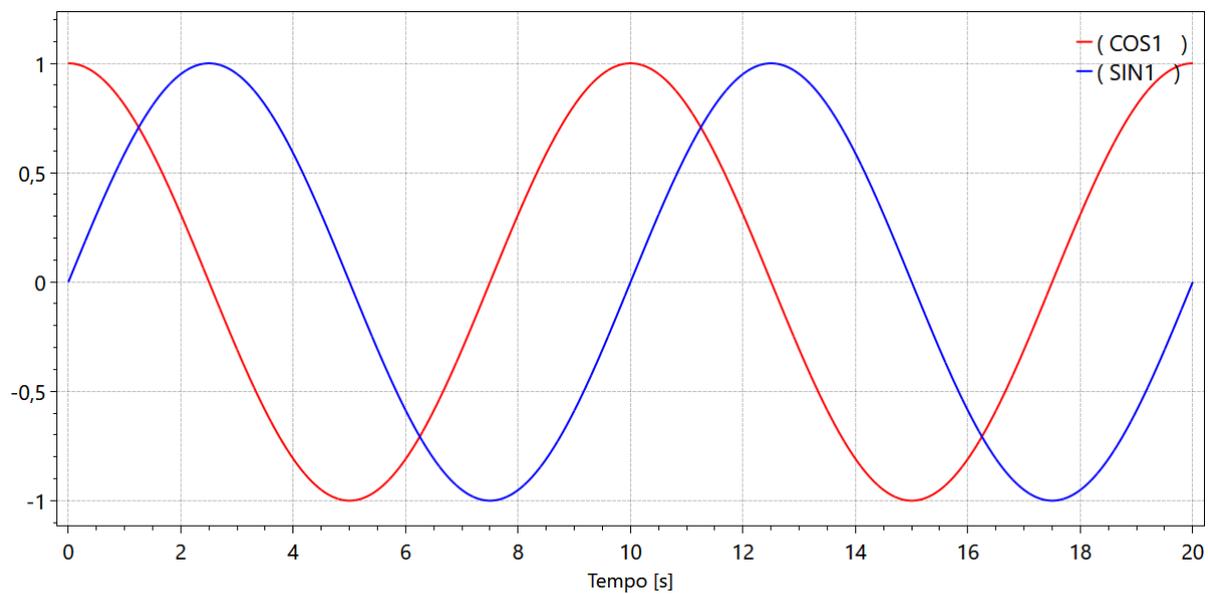
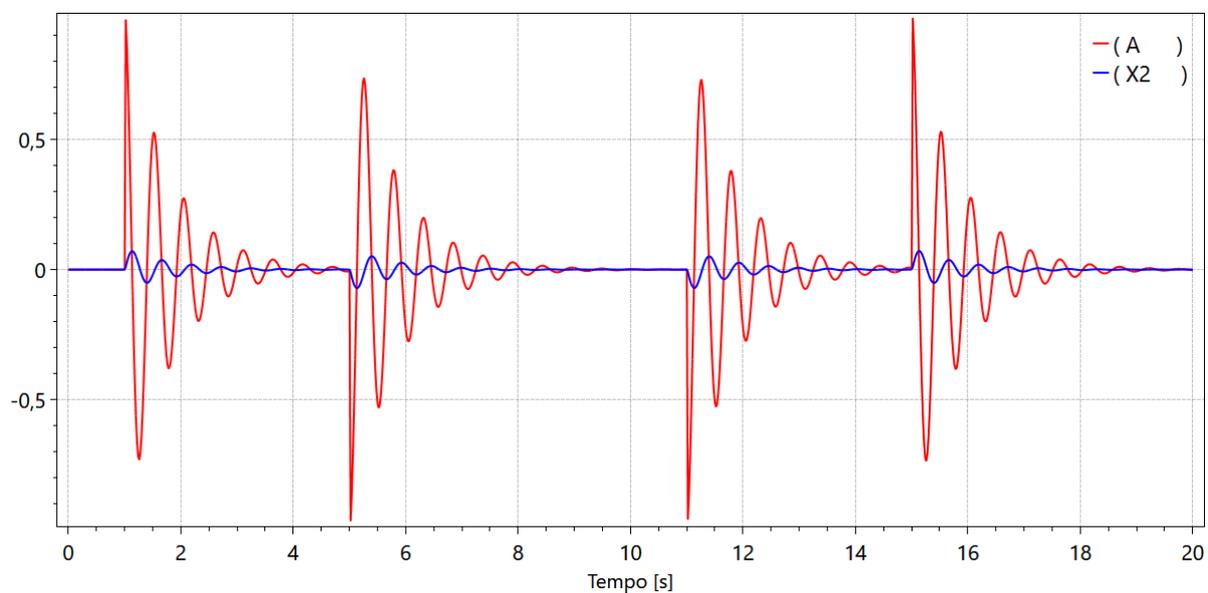
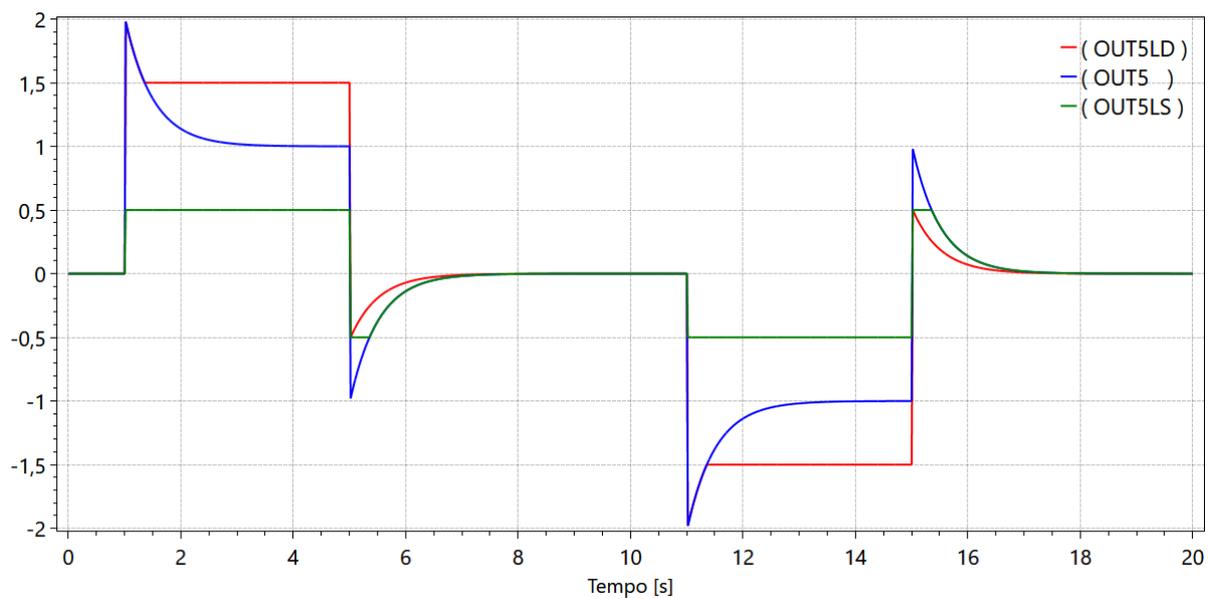
### Exemplos de funções construídas com blocos elementares

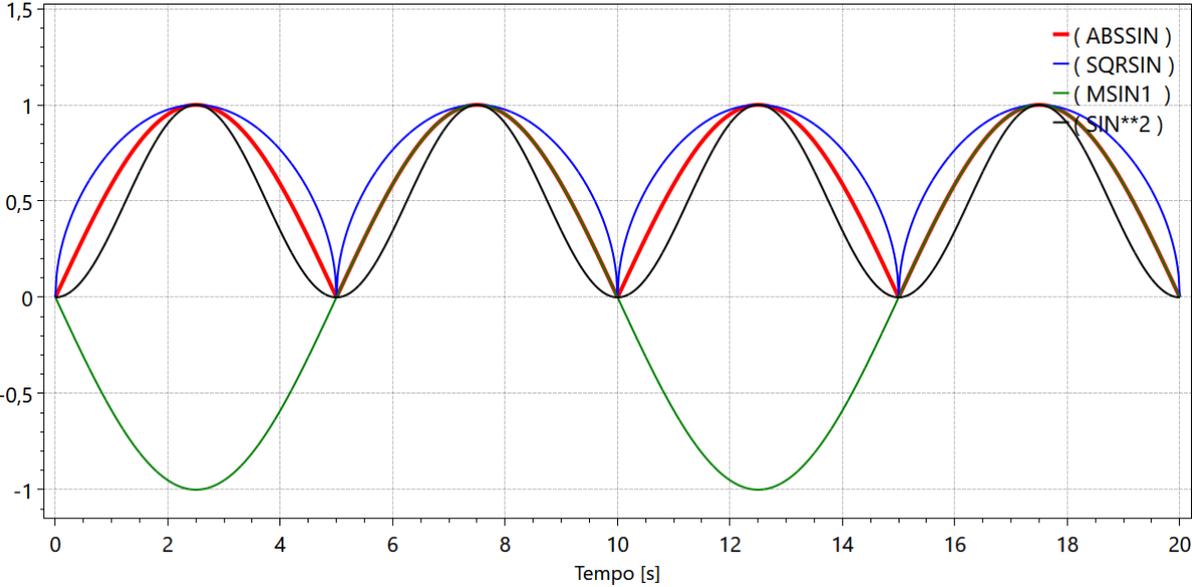
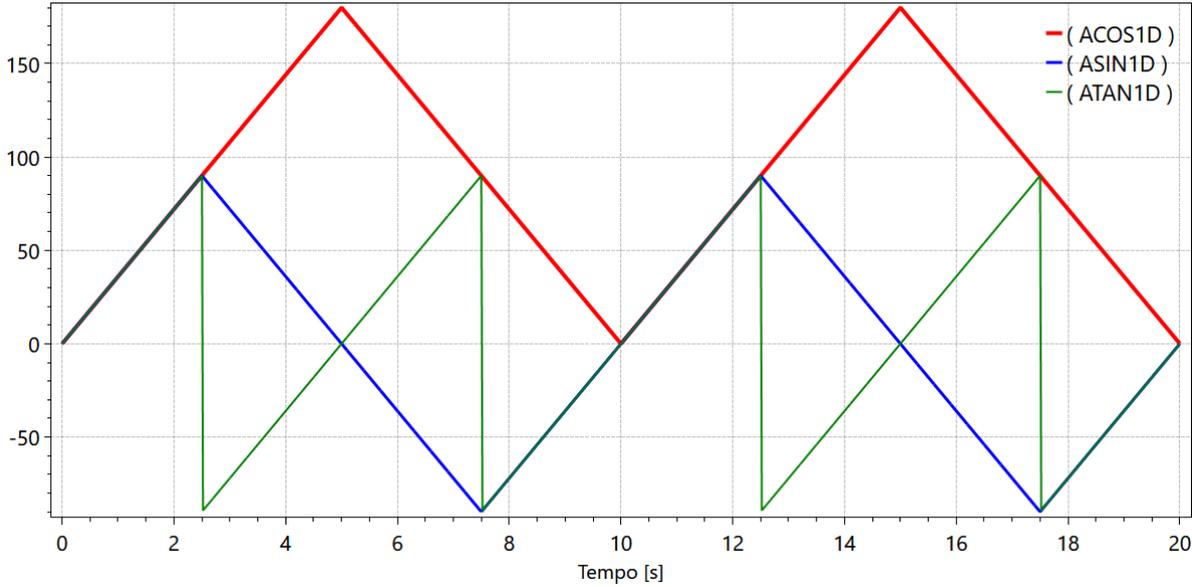
A seguir são apresentados alguns resultados de funções construídas neste caso exemplo usando os blocos elementares da estrutura de CDU.

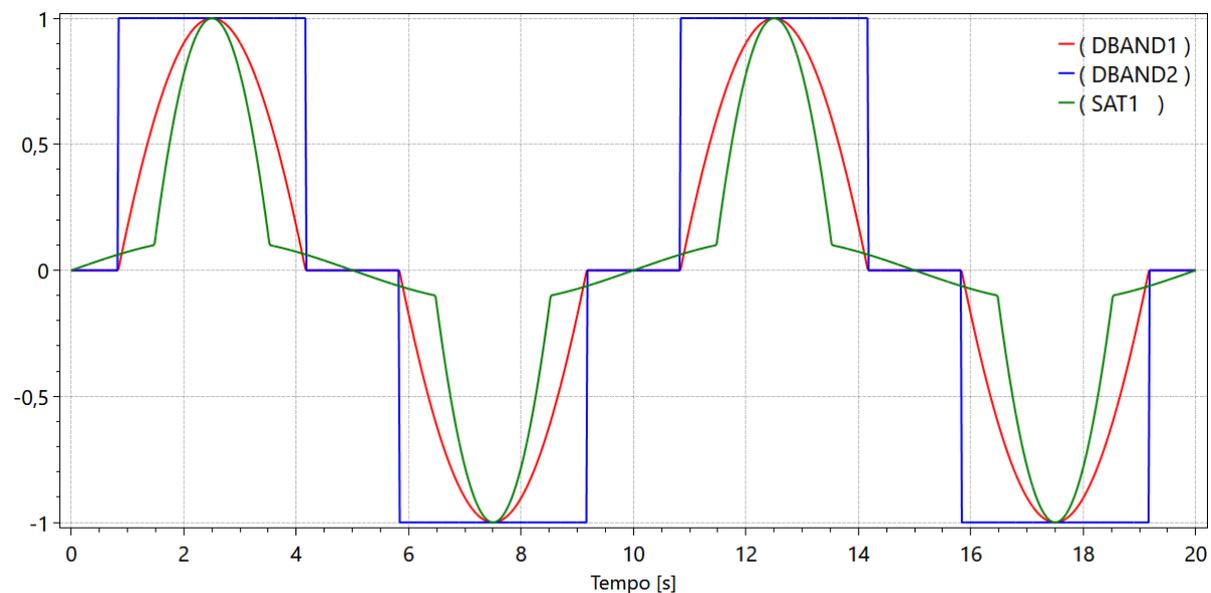
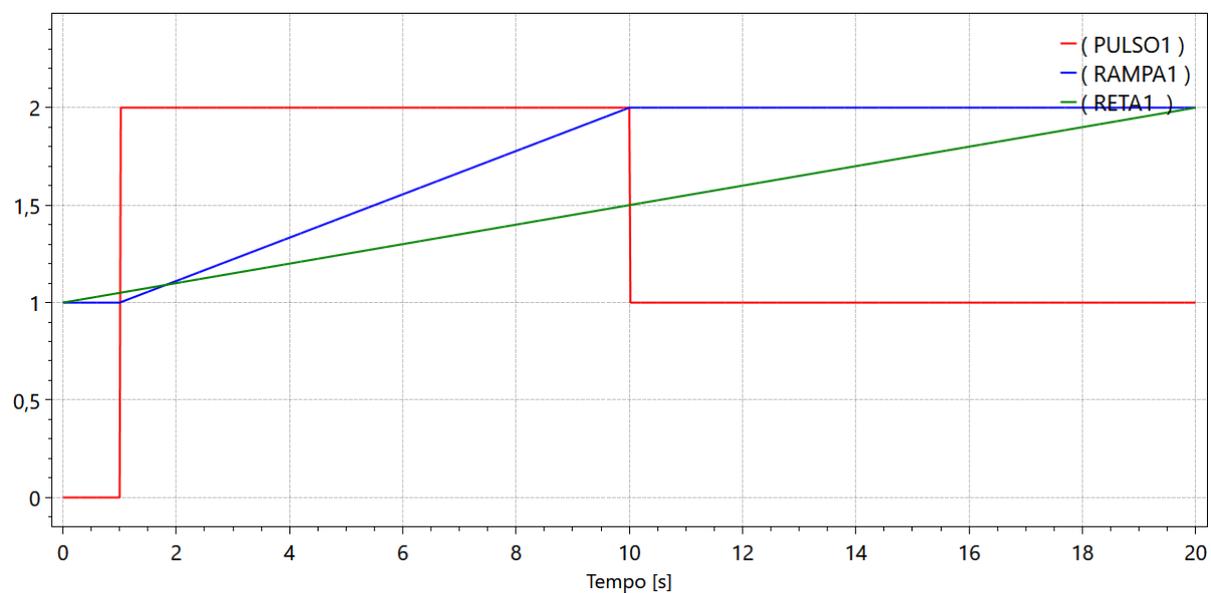
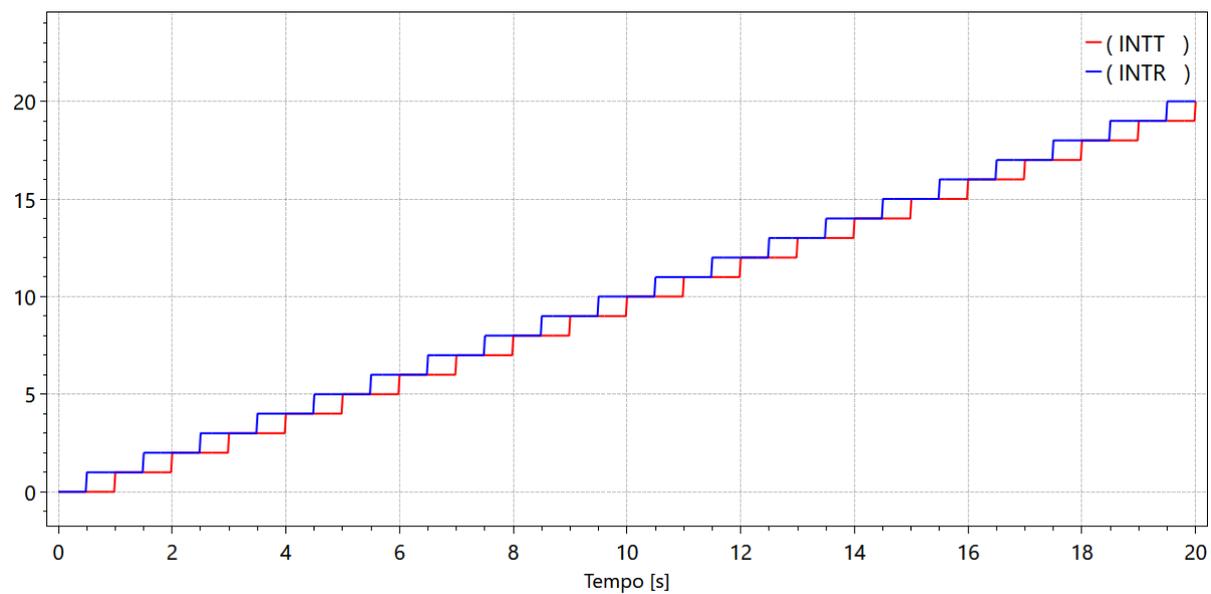
**Aviso:** Mais detalhes podem ser consultados no arquivo de exemplo "C:\Cepe\Anatem\vXX\_YY\_ZZ\EXEMPLOS08\_ANACDUNTEST\_CDU.STB"

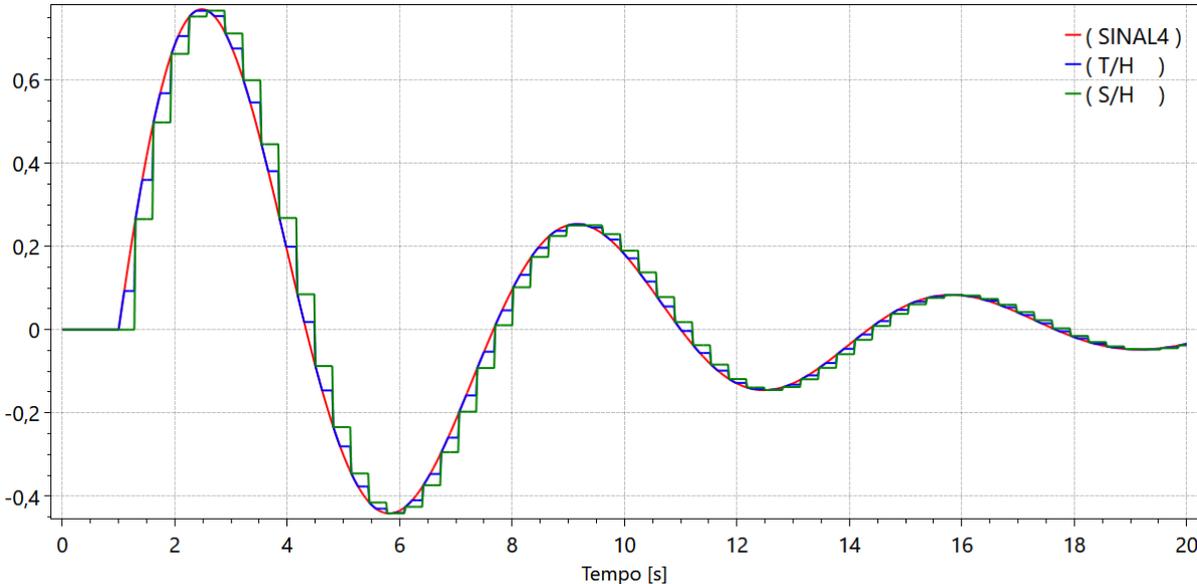
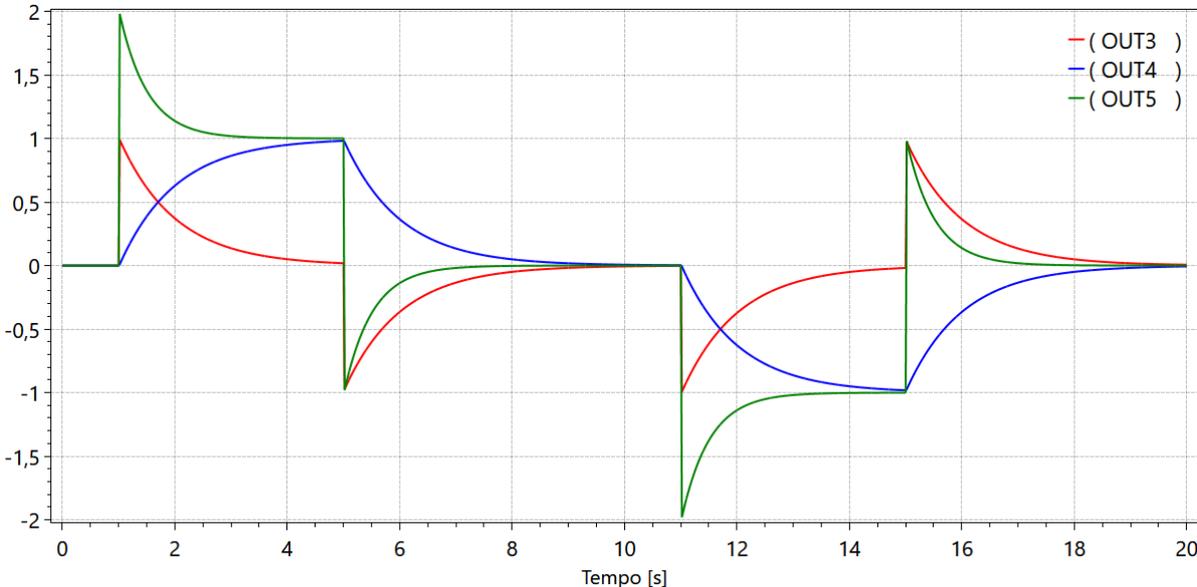
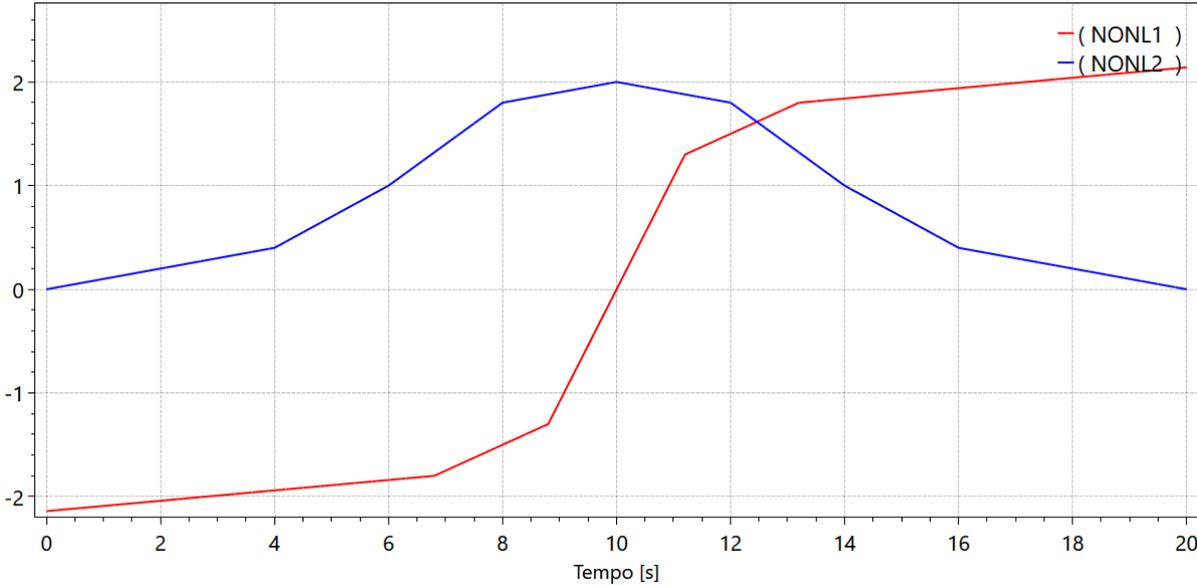
Sendo vXX\_YY\_ZZ o número da versão instalada.











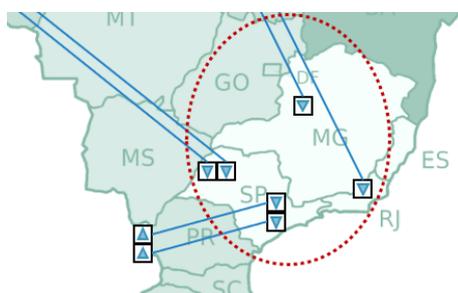
## 34.3 Códigos Relacionados

Modo de Análise de CDU: *ANAC*

Dados de Controladores Definidos pelo Usuário: *DCDU*

Execução da Simulação: *EXSI*

## Análise de Multi-Infeed



Índices da Análise Multi-Infeed, Cigre WG B4.41 TB 364

MULTIINFEED INTERACTION FACTOR					
AC Bus	IBIUNA-SP345	ARARQ2-SP500	C.PVEL-RO230	ESTREI-MG500	T.RIO-RJ500
IBIUNA-SP345	1,0000	0,3570	0,0049	0,2356	0,2812
ARARQ2-SP500	0,4635	1,0000	0,0150	0,3471	0,3663
C.PVEL-RO230	0,0015	0,0023	1,0000	0,0020	0,0014
ESTREI-MG500	0,3593	0,4005	0,0152	1,0000	0,4123
T.RIO-RJ500					1,0000

MULTI INFEED - ÍNDICES CALCULADOS						
AC Bus	Pdc[MW]	Scc[MVA]	SCR	MSCR	MISCR	Reator[MVar]
IBIUNA-SP345	3220,82	22100,84	6,86190	3,88430	3,07520	-157,20920
ARARQ2-SP500	5588,12	25162,38	4,50280	3,11030	2,56610	-172,94930
C.PVEL-RO230	395,37	2137,94	5,40750	5,26190	5,01830	-17,73510
ESTREI-MG500	3826,25	25265,29	6,60310	3,83920	2,87320	-196,59830
T.RIO-RJ500	3797,26	22491,91	5,92320	3,63350	2,90860	-162,19280

Nesta seção serão apresentados os índices da análise *multi-infeed* propostos pelo WG B4.41 do Cigré na brochura técnica “Systems with Multiple DC Infeed”.

**Nota:** Também será detalhada a utilização do **Modo de Análise Multi-Infeed** do programa *Anatem* para cálculo automático de índices preditivos de desempenho para a operação de *elos CCAT*.

As características dos sistemas de transmissão em corrente alternada operando com um único elo de Corrente Contínua em Alta Tensão (CCAT) ou com múltiplos *elos CCAT* eletricamente distantes são bem conhecidas e consolidadas na literatura, devido à experiência obtida ao longo dos últimos anos nos estudos de planejamento e operação. No entanto, o crescimento da demanda de energia elétrica, especialmente em países com dimensão continental, exige a expansão dos sistemas de transmissão de energia elétrica a longas distâncias, tornando a transmissão em corrente contínua como a alternativa técnico-econômica mais atraente.

A configuração *single-infeed*, com apenas um elo HVDC escoando energia de uma região para outra, foi amplamente estudada por meio da relação de curto-circuito (*SCR - Short-Circuit Ratio*) avaliada nas estações inversoras da rede CA.

**Importante:** O desenvolvimento dos sistemas de potência evoluiu para o cenário no qual ocorrem múltiplas alimentações em corrente contínua em regiões eletricamente próximas, configuração denominada *multi-infeed*.

O cenário com múltiplas alimentações em Corrente Contínua (CC) em regiões em Corrente Alternada (CA) eletricamente próximas apresenta desafios operacionais no que diz respeito ao **risco de ocorrência de falhas de comutação (FC) simultâneas em múltiplas estações inversoras comutadas pela linha** (*Line Commutated Converter - LCC*), e FC sucessivas após eventuais distúrbios no sistema CA.

Na análise *multi-infeed*, o cálculo convencional da SCR para cada estação inversora não fornece uma medida adequada da robustez do sistema CA devido à sua incapacidade de capturar a influência de outros sistemas HVDC próximos.

**Nota:** O grupo de trabalho do Cigré WG-B4.41 propôs em 2008, por meio da brochura técnica “*Systems with Multiple DC Infeed*”, **índices preditivos de desempenho para a análise da interação entre estações inversoras eletricamente próximas**, incluindo o *Multi-Infeed Interaction Short-Circuit Ratio*, que representa uma redefinição do SCR para sistemas *multi-infeed*.

O cálculo automático destes índices foi implementado no programa Anatem e eles são calculados por meio de simulações dinâmicas, com o objetivo de determinar o nível de robustez do sistema e o grau de interação entre os *elos CCAT* eletricamente próximos.

---

## 35.1 Cenário Brasileiro de Multi-Infeed

No caso do Brasil, a abundância de recursos hídricos em regiões eletricamente distantes dos principais centros de carga (região Sudeste) torna a alternativa de escoamento da geração dessas usinas por meio da transmissão em corrente contínua como a alternativa técnico-econômica mais atraente.

Desde 1984, as regiões Sul e Sudeste do país estão interligadas por meio de dois bipolos CCAT de 3150 MW, cujas estações inversoras localizam-se em Ibiúna 345 kV. Nos estudos de alternativas das interligações Norte-Sudeste, a transmissão em corrente contínua mostrou-se a melhor alternativa técnico-econômica no escoamento da energia do aproveitamento hidrelétrico do Rio Madeira, através de dois bipolos de 3150 MW associados às UHEs Santo Antônio e Jirau. No escoamento da geração de diversas usinas do Norte e Norte, sobretudo da UHE Belo Monte (11GW), também adotou-se a alternativa CCAT através de dois bipolos de 4000 MW chegando na região Sudeste.

As estações inversoras dos seis bipolos supracitados se encontram na mesma região geoelétrica, acarretando uma configuração denominada *multi-infeed*, que representa múltiplas alimentações em corrente contínua com subestações inversoras eletricamente próximas. Atentando ao fato de que o conversor CCAT LCC é o tipo de conversor utilizado nos seis bipolos CCAT do SIN.

Esta configuração representa uma condição favorável para o aparecimento de fenômenos de interação entre os *elos CCAT*. A análise do comportamento dinâmico de tais sistemas avalia o modo de interação dos *elos CCAT* uns com os outros e com o sistema CA como um todo, pois à medida que o número de linhas de transmissão CCAT aumentam, são esperadas interações *multi-infeed*, que podem acarretar múltiplas falhas de comutação, levando à perda de grandes blocos de energia simultaneamente e graves consequências relacionadas à estabilidade angular e de tensão do sistema.

## 35.2 Interação entre Elos CCAT em Sistemas com *Multi-Infeed*

Um sistema com múltiplos elos de corrente contínua transmitindo energia para regiões eletricamente próximas entre si pode provocar interação entre os elos. Um dos fenômenos de interação possível de acontecer é a instabilidade de tensão na rede CA conectada às estações inversoras.

Sistemas fracos, ou seja, sistemas com baixa potência de curto-circuito, são mais suscetíveis à ocorrência da instabilidade de tensão. A fim de contornar esse problema e garantir o desempenho apropriado do sistema, muitas vezes são concebidas soluções estruturais na rede receptora, como, por exemplo, a instalação de compensadores síncronos que elevam a potência de curto-circuito.

A instabilidade de tensão é um problema que está ligado à incapacidade de um sistema de potência manter as tensões de regime permanente em níveis aceitáveis de operação após variações na carga ou no ponto de operação. Quando um sistema se mostra instável, as variações no ponto de operação provocam sucessivas e incontroláveis quedas de tensão.

A análise de um problema de instabilidade de tensão ou colapso de tensão tem se baseado tanto em métodos estáticos (fluxo de potência) quanto em abordagens dinâmicas, que levam em conta a resposta no tempo dos diversos componentes e dispositivos envolvidos.

Os fenômenos de instabilidade de tensão são quase sempre aperiódicos, diferentemente dos fenômenos de instabilidade angular. São mostrados a seguir alguns fatores que afetam a estabilidade de tensão em sistemas CA:

- Variação automática de tapes de transformadores;
- Operação de limitadores de sobre-excitação de geradores;
- Ação de dispositivos de controle de cargas térmicas;
- Comportamento das cargas com a variação da tensão (carga ZIP).

A estabilidade de tensão pode ser classificada quanto ao tempo decorrente desde o início do fenômeno até o ponto no qual o sistema se torna instável, conforme mostrado a seguir:

#### **Estabilidade de tensão (Instabilidade de muito longo prazo)**

Causada pelo crescimento lento e sucessivo da carga ou da transferência de potência. Demora vários minutos para ocorrer.

#### **Estabilidade de tensão (Instabilidade de longo prazo)**

Causada por importação de potência elevada ou por grandes distúrbios. A variação automática de tapes de transformadores e a operação de limitadores de sobre-excitação de geradores são alguns dos fatores que contribuem para esse tipo de instabilidade. Ocorre em poucos minutos.

#### **Estabilidade de tensão (Instabilidade de curto prazo ou transitória)**

Causada pela ação de dispositivos de ação rápida com comportamento desfavorável, como motores de indução e elos CCAT. Ocorre em poucos segundos.

### **35.2.1 Instabilidade de Tensão Causada por Elos CCAT**

Em sistemas considerados fracos, tanto a tensão CA quanto a CC se tornam muito sensíveis às variações de carga. Nesse sentido, um aumento na corrente CC provoca queda na tensão CA, e não se consegue o aumento desejado da potência transmitida.

Adicionalmente, a resposta do controle do elo CC pode ainda contribuir para um colapso do sistema CA, devido à ocorrência da seguinte sequência de fatos:

Cenário para colapso de tensão envolvendo inversores com controle de ângulo de extinção constante:

- 1) Uma grande perturbação ocorre próximo ao inversor durante uma situação de carga pesada. A potência do sistema está altamente estressada.
- 2) O distúrbio causa afundamento de tensão, e a recuperação da tensão é lenta. Oscilações de tensão surgem devido oscilações eletromecânicas entre geradores.
- 3) O suporte de reativo por meio de bancos de capacitores e filtros passivos é reduzido devido a queda de tensão.
- 4) O controle do inversor pode aumentar o ângulo de extinção para manter uma margem de comutação do lado do inversor com a tensão baixa.
- 5) Isto irá diminuir o fator de potência no lado do inversor devido o aumento de gamma.
- 6) Uma redução no fator de potência no inversor aumenta a demanda de reativo. Se o controle de potência

## **35.3 Índices Preditivos de Desempenho de Sistemas CA com *Multi-Infeed***

Esta seção apresenta a metodologia desenvolvida no programa Anatem para o cálculo automático dos índices preditivos de desempenho de sistemas CA com *multi-infeed*.

### **SCR**

#### **Short-Circuit Ratio**

O SCR (*Short Circuit Ratio*) provê uma significativa informação quanto à robustez do sistema CA frente ao montante de potência injetada pelo tronco CC e conseqüentemente, uma boa sensibilidade quanto à gama de problemas que se pode esperar quando de perturbações no sistema como um todo. O índice é calculado como

$$SCR_i = \frac{SCC_i}{P_{dc_i}}$$

onde  $S_{CC_i}$  corresponde à potência de curto-circuito da barra de conexão do *conversores CCAT* (utilizando modelagem **PECO**) e  $P_{dc_i}$  à potência do conversor.

Uma questão que sempre foi levantada é a eficácia da aplicação deste índice, como originalmente concebido, a sistemas com múltiplas alimentações CC (*elo CCAT* em operação conjunta), principalmente porque ele não incorpora o potencial de interação entre os conversores, quando próximos.

## MIIF

### Multi-Infeed Interaction Factor

O *MIIF* (*Multi Infeed Interaction Factor*) é um parâmetro de sensibilidade obtido através de simulações, e que procura estimar a distância elétrica entre os *elos CCAT* envolvidos no cálculo, através da influência de uma variação de tensão na barra inversora do *i-ésimo elo CCAT* e seu impacto na tensão da barra inversora do *j-ésimo elo CCAT*, sendo definido como

$$MIIF_{j,i} = \frac{\Delta V_j}{\Delta V_i}$$

onde o índice  $j$  representa todos os *elos CCAT* eletricamente próximos do *i-ésimo elo CCAT*,  $\Delta V_i$  e  $\Delta V_j$  são as variações de tensão observadas na *i-ésima* e *j-ésima* barras inversoras quando do chaveamento de um reator na *i-ésima* barra, com  $\Delta V_i$  próximo de 1% para que a resposta do sistema esteja na região da operação linear.

## PI

### Potencial de Interação

O Potencial de Interação (*PI*) entre os *elos CCAT* pode ser estimado pela combinação da proximidade elétrica e da relação das potências injetadas pelos elos. Em outras palavras, se o acoplamento  $MIIF_{j,i}$  é elevado, e se  $P_{dc_j}$  representa um elo de pequena dimensão, sua influência sobre o elo  $P_{dc_i}$  será pequena. Entretanto, se  $P_{dc_j}$  é alto, sua influência sobre  $P_{dc_i}$  poderá ser apreciável mesmo se  $MIIF_{j,i}$  for pequeno. Matematicamente, o potencial de interação é calculado como

$$PI_{j,i} = MIIF_{j,i} \frac{P_{dc_j}}{P_{dc_i}}$$

## MISCR

### Multi-Infeed Interaction Short-Circuit Ratio

O *MISCR* (*Multi Infeed Interaction SCR*) é definido em função do *MIIF* e das potências dos elos envolvidos, sendo calculado, para o *i-ésimo conversor CCAT*, como

$$MISCR_i = \frac{S_{CC_i}}{P_{dc_i} + \sum_{j=1}^k (MIIF_{j,i} P_{dc_j})}$$

onde  $k$  corresponde ao número de *elos CCAT*,  $S_{CC_i}$  é a potência de curto-circuito da barra de conexão do conversor (utilizando modelagem **PECO**),  $P_{dc_j}$  é a potência do *j-ésimo* conversor, em *pu*, e  $MIIF_{j,i}$  é o parâmetro de sensibilidade que procura estimar a distância elétrica entre os elos envolvidos no cálculo.

## MSCR

### Multi-Infeed Short Circuit Ratio

O *MSCR* (*Multi Infeed Short Circuit Ratio*) é baseado nos elementos da matriz de impedâncias de barra do sistema ( $Z_{barra}$ ) e também pode ser utilizado para avaliar o impacto da interação entre as instalações conversoras existentes, sendo calculado, para o *i-ésimo conversor CCAT*, como

$$MSCR_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^k (P_{dc_j} Z_{i,j})}$$

onde  $k$  corresponde ao número de *elos CCAT*,  $P_{dc_j}$  é a potência do *j-ésimo* conversor, em *pu*, e  $Z_{i,j}$  é o elemento da posição ( $i, j$ ) da matriz de impedâncias de barra  $Z_{barra}$  no sistema.

Verifica-se que, no caso onde apenas um *elo CCAT* está presente, o valor de *MSCR* coincide com o valor do *SCR* convencional. Os produtos  $P_{dc_j} Z_{i,j}$  do somatório do denominador das equações do *MSCR* são denominados fatores de participação e podem ser utilizados como uma medida da influência do *j-ésimo* elo na relação de curto circuito dos *i-ésimos* elos próximos.

## 35.4 Definição de Barras CA para Cálculo de *MIIF*

Pelo código *EAMI*, o Anatem calcula automaticamente o MIIF (e respectivos reatores de falta para afundamento de 1% da tensão pré-falta), Scc, SCR, MSCR e MISCR para todas as barras CA de inversores presentes no caso de estabilidade a ser avaliado.

**Nota:** Barras adicionais, nas quais também é desejado obter o MIIF, podem ser fornecidas por meio do código *DMIF* (Definição de barras para cálculo do MIIF).

### 35.4.1 Exemplo

Listagem 35.1: Exemplo da aplicação do código *DMIF*

```

1 (=====
2 ( DEFINICAO DE BARRAS PARA CALCULO DO INDICE MIIF
3 (=====
4 DMIF
5 ( Nb )
6 86
7 7057
8 3010
9 9605
10 999999

```

#### Ver também:

Para maiores informações sobre a definição de barras adicionais para multi-infeed, consulte o código *DMIF*.

## 35.5 Cálculo Automático dos Índices da Análise *Multi-Infeed*

O cálculo manual dos índices da análise de *multi-infeed* por meio de simulações dinâmicas tornava-se bastante trabalhoso, especialmente em sistemas com muitos elos CC, devido à grande quantidade de eventos a serem simulados e medições a serem feitas. Em meio a esta necessidade desenvolveu-se no programa Anatem, o recurso para cálculo automático destes índices.

**Atenção:** Utiliza-se como padrão a modelagem do sistema CA sem carregamento pré-falta (denominada *PECO*), para efeito do cálculo destes índices, na qual são desconsiderados os seguintes elementos na modelagem do sistema:

- Parcela de impedância constante da carga e de geração não modelada;
- Line charging;
- Impedância de motores de indução, fontes shunts controladas por CDU, compensadores estáticos;
- Resistência de armadura de máquinas síncronas;
- Elementos shunt em geral, exceto máquinas síncronas.

Com a representação *PECO*, calcula-se o SCR e MISCR, porém, também é possível calcular o ESCR e MI-ESCR (desligando a opção *PECO* no código *DOPC*), habilitando a representação de todos os estes elementos desconsiderados naturalmente.

Pela função *EAMI*, o Anatem calcula automaticamente o MIIF (e respectivos reatores de falta para afundamento de 1% da tensão pré-falta), Scc, SCR, MSCR e MISCR para todas as barras CA de inversores presentes no caso

de estabilidade a ser avaliado. No entanto, barras adicionais, nas quais também é desejado obter o MIIF, podem ser fornecidas por meio do código *DMIF* (Definição de barras para cálculo do MIIF).

Assim, o Anatem calcula a Scc por meio da matriz *Zbarra*, e obtêm valores coerentes com aqueles obtidos pelo programa *Anafas* com modelagem *PECO*. Para calcular os índices ESCR e MIESCR deve-se desabilitar a opção *PECO*, desta forma, o cálculo da Scc descontará a participação dos filtros CA.

### 35.5.1 Exemplo

Listagem 35.2: Exemplo da aplicação do código EAMI

```

1 (=====
2 ( CONJUNTO DE BARRAS PARA O CALCULO DOS INDICES MIIF
3 (=====
4 DMIF
5 ( Nb )
6 86
7 7057
8 3010
9 9605
10 999999
11 (
12 (=====
13 ( EXECUCAO DA ANALISE MULTI-INFEED
14 (=====
15 EAMI
16 (
17 FIM
    
```

## 35.6 Resultados Esperados

Os resultados exportados pelo programa *Anatem* no módulo de análise multi-infeed são apresentados no formato de tabelas, conforme a seguir:

### 35.6.1 Tabelas CSV (arquivo de tipo *MIIF*, solicitado no código *DARQ*)

SUMÁRIO DE BARRAS CA PARA CÁLCULO DE ÍNDICES DA ANÁLISE DE MULTI INFEED			
Número	Nome da Barra	Scc[MVA]	Reator[MVar]
86	IBIUNA-SP345	21478,61	-152,6319
7057	ARARQ2-SP500	23705,76	-181,8086
7054	C.PVEL-RO230	1287,53	-10,3903
3010	ESTREI-MG500	19997,63	-162,929
9605	T.RIO--RJ500	17905,79	-140,1117

MULTI INFEED INTERACTION FACTOR					
Nome da Barra	IBIUNA-SP345	ARARQ2-SP500	C.PVEL-RO230	ESTREI-MG500	T.RIO--RJ500
IBIUNA-SP345	1	0,361897	0,0166	0,238954	0,287652
ARARQ2-SP500	0,448877	1	0,032961	0,354912	0,344353
C.PVEL-RO230	0,001337	0,002033	1	0,002	0,001079
ESTREI-MG500	0,261524	0,313665	0,028592	1	0,246427
T.RIO--RJ500	0,223769	0,218689	0,00983	0,176609	1

POTENCIAL DE INTERAÇÃO		Intervalo
Baixa		PI < 0.15
Moderada		0.15 < PI < 0.40
Alta		0.40 < PI

POTENCIAL DE INTERAÇÃO					
Nome da Barra	IBIUNA-SP345	ARARQ2-SP500	C.PVEL-RO230	ESTREI-MG500	T.RIO--RJ500
IBIUNA-SP345	1	0,162479	0,001508	0,06769	0,08124
ARARQ2-SP500	0,999806	1	0,006669	0,223934	0,216619
C.PVEL-RO230	0,014722	0,010051	1	0,006236	0,003356
ESTREI-MG500	0,92321	0,497127	0,009168	1	0,245688
T.RIO--RJ500	0,792311	0,347644	0,003162	0,177141	1

MULTI INFEED - ÍNDICES CALCULADOS						
Nome da Barra	Pdc[MW]	Scs[MVA]	SCR	MSCR	MISCR	Reator[MVar]
IBIUNA-SP345	4352,76	21478,61	4,9345	4,0846	3,7584	-152,6319
ARARQ2-SP500	1954,24	23705,76	12,1304	6,2863	4,9572	-181,8086
C.PVEL-RO230	395,37	1287,53	3,2565	3,2164	3,1483	-10,3903
ESTREI-MG500	1233,04	19997,63	16,2182	8,2267	6,0624	-162,929
T.RIO--RJ500	1229,34	17905,79	14,5654	7,7414	6,2775	-140,1117

### 35.6.2 Tabelas no relatório de saída (arquivo de tipo *OUT*, solicitado no código *DARQ*)

```

X-----X
SUMÁRIO DE BARRAS CA PARA CÁLCULO DE ÍNDICES DA ANÁLISE DE MULTI INFEED
X-----X

Número Nome da Barra Scs[MVA] Reator[MVar]
86 IBIUNA-SP345 21478.61 -152.6319
7057 ARARQ2-SP500 23705.76 -181.8086
7054 C.PVEL-RO230 1287.53 -10.3903
3010 ESTREI-MG500 19997.63 -162.9290
9605 T.RIO--RJ500 17905.79 -140.1117

```

```

X-----X
MULTI INFEED INTERACTION FACTOR
X-----X
Aplicação | Barras de Medição do Afundamento
X-----X
Nome da Barra IBIUNA-SP345 ARARQ2-SP500 C.PVEL-RO230 ESTREI-MG500 T.RIO--RJ500
IBIUNA-SP345 1.000000 0.361897 0.016600 0.238954 0.287652
ARARQ2-SP500 0.448877 1.000000 0.032961 0.354912 0.344353
C.PVEL-RO230 0.001337 0.002033 1.000000 0.002000 0.001079
ESTREI-MG500 0.261524 0.313665 0.028592 1.000000 0.246427
T.RIO--RJ500 0.223769 0.218689 0.009830 0.176609 1.000000

```

```

X-----X
          POTENCIAL DE INTERAÇÃO
X-----X

X-----X-----X-----X
| Interação Baixa |          PI < 0.15 |
| Interação Moderada | 0.15 < PI < 0.40 |
| Interação Alta | 0.40 < PI          |
X-----X-----X-----X

```

Nome da Barra	IBIUNA-SP345	ARARQ2-SP500	C.PVEL-R0230	ESTREI-MG500	T.RIO--RJ500
IBIUNA-SP345	1.000000	0.162479	0.001508	0.067690	0.081240
ARARQ2-SP500	0.999806	1.000000	0.006669	0.223934	0.216619
C.PVEL-R0230	0.014722	0.010051	1.000000	0.006236	0.003356
ESTREI-MG500	0.923210	0.497127	0.009168	1.000000	0.245688
T.RIO--RJ500	0.792311	0.347644	0.003162	0.177141	1.000000

```

X-----X
          MULTI INFEED - ÍNDICES CALCULADOS
X-----X

```

Nome da Barra	Pdc[MW]	Scs[MVA]	SCR	MSCR	MISCR	Reator[MVar]
IBIUNA-SP345	4352.76	21478.61	4.9345	4.0846	3.7584	-152.6319
ARARQ2-SP500	1954.24	23705.76	12.1304	6.2863	4.9572	-181.8086
C.PVEL-R0230	395.37	1287.53	3.2565	3.2164	3.1483	-10.3903
ESTREI-MG500	1233.04	19997.63	16.2182	8.2267	6.0624	-162.9290
T.RIO--RJ500	1229.34	17905.79	14.5654	7.7414	6.2775	-140.1117

## 35.7 Códigos Relacionados

Definição de barras para cálculo do *MIIF*: *DMIF*

Cálculo Automático de Índices *Multi-Infeed*: *EAMI*

## Análise de Interação entre Fontes Shunt Controladas



Wikipedia - Parque eólico de Middelgrunden, Dinamarca

Nesta seção serão apresentados os índices da análise *multi-infeed* propostos pelo WG B4.41 do Cigré na brochura técnica “Systems with Multiple DC Infeed”.

---

**Nota:** Também será detalhada a utilização do **Modo de Análise Multi-Infeed** do programa *Anatem* para cálculo automático de índices preditivos de desempenho para a operação de *elos CCAT*.

---

As características dos sistemas de transmissão em corrente alternada operando com um único elo de Corrente Contínua em Alta Tensão (CCAT) ou com múltiplos *elos CCAT* eletricamente distantes são bem conhecidas e consolidadas na literatura, devido à experiência obtida ao longo dos últimos anos nos estudos de planejamento e operação. No entanto, o crescimento da demanda de energia elétrica, especialmente em países com dimensão continental, exige a expansão dos sistemas de transmissão de energia elétrica a longas distâncias, tornando a transmissão em corrente contínua como a alternativa técnico-econômica mais atraente.

A configuração *single-infeed*, com apenas um elo HVDC escoando energia de uma região para outra, foi amplamente estudada por meio da relação de curto-circuito (*SCR - Short-Circuit Ratio*) avaliada nas estações inversoras da rede CA.

---

**Importante:** O desenvolvimento dos sistemas de potência evoluiu para o cenário no qual ocorrem múltiplas alimentações em corrente contínua em regiões eletricamente próximas, configuração denominada *multi-infeed*.

---

O cenário com múltiplas alimentações em Corrente Contínua (CC) em regiões em Corrente Alternada (CA) eletricamente próximas apresenta desafios operacionais no que diz respeito ao **risco de ocorrência de falhas de comutação (FC) simultâneas em múltiplas estações inversoras comutadas pela linha** (*Line Commutated Converter - LCC*), e FC sucessivas após eventuais distúrbios no sistema CA.

Na análise *multi-infeed*, o cálculo convencional da SCR para cada estação inversora não fornece uma medida adequada da robustez do sistema CA devido à sua incapacidade de capturar a influência de outros sistemas HVDC próximos.

**Nota:** O grupo de trabalho do Cigré WG-B4.41 propôs em 2008, por meio da brochura técnica “*Systems with Multiple DC Infeed*”, **índices preditivos de desempenho para a análise da interação entre estações inversoras eletricamente próximas**, incluindo o *Multi-Infeed Interaction Short-Circuit Ratio*, que representa uma redefinição do SCR para sistemas *multi-infeed*.

O cálculo automático destes índices foi implementado no programa Anatem e eles são calculados por meio de simulações dinâmicas, com o objetivo de determinar o nível de robustez do sistema e o grau de interação entre os *elos CCAT* eletricamente próximos.

## 36.1 Sistemas com Elevados Níveis de Penetração de Fontes Renováveis

O aumento dos níveis de penetração das fontes renováveis nos sistemas elétricos de potência, vivenciado nas últimas décadas, tem levantado uma ampla discussão acerca da sua segurança operacional, eficiência, confiabilidade do fornecimento de energia e aspectos econômicos da operação.

As fontes eólica e solar fotovoltaica têm se mostrado economicamente mais competitivas em relação às demais tecnologias candidatas a expansão<sup>1</sup>. Dessa forma, o Plano Decenal de Expansão de Energia, elaborado pela EPE, segue sinalizando para desenvolvimento dessas tecnologias de forma contínua e harmoniosa entre as necessidades de expansão do sistema. Entretanto, ampliar maciçamente essa participação na oferta de energia traz desafios relacionados à variabilidade de produção de energia dessas fontes.

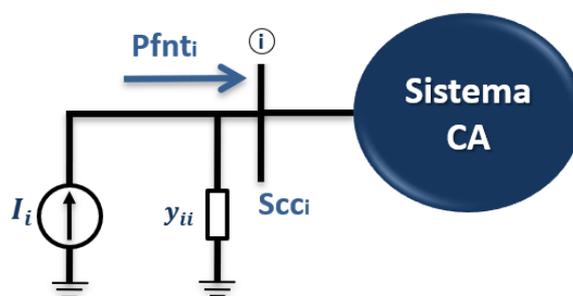
**Importante:** A representação dinâmica de fontes eólicas e solar fotovoltaica no programa Anatem ocorre principalmente por meio de modelos de Fontes de Corrente controladas por CDU. Estas gerações são modeladas como barras de geração no programa Anarede e seu respectivo modelo dinâmico em CDU é associado no Anatem utilizando o código DFNT.

### 36.1.1 Avaliação da Performance da Rede CA - Modo EAIF

A robustez de sistemas CA frente a injeção de potência em uma barra genérica  $i$  é tradicionalmente avaliada por meio da relação de curto-circuito (*Short Circuit Ratio - SCR*), calculada pela expressão:

$$SCR_i = \frac{SCC_i}{P_{fnt_i}}$$

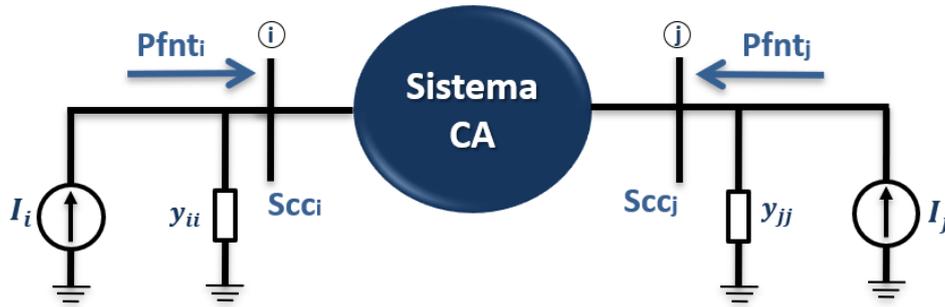
Onde  $SCC_i$  corresponde à potência de curto-circuito da barra de conexão e  $P_{fnt_i}$  é a potência a ser injetada pela fonte na barra  $i$ .



Utilizando o mesmo conceito da análise *multi-infeed*, pode-se avaliar a robustez do sistema CA em meio a elevada penetração de fontes renováveis aplicando a metodologia que pondera a interação das múltiplas fontes que alimentam a rede CA, tradicionalmente modeladas no Anatem como *fontes shunt controladas*.

<sup>1</sup> EPE Empresa de Pesquisa Energética. Plano decenal de expansão de energia 2030. Ministério de Minas e Energia–Empresa de Pesquisa Energética, 2020.

A título de ilustração, considere o sistema genérico da figura abaixo, composto por duas fontes conectadas às barras “i” e “j”:



O modo de análise de interação entre fontes shunt controladas é baseado na extensão do conceito do *Multi-infeed Interaction Factor (MIIF)* para avaliar a sensibilidade de tensão entre barras CA que contêm fontes eólicas e fotovoltaicas. O *MIIF* é calculado pela razão entre a variação de tensão terminal na barra da fonte  $j$ , quando aplica-se um afundamento de 1% na tensão da barra da fonte  $i$ . Este índice é calculado pela expressão:

$$MIIF_{j,i} = \frac{\Delta V_j}{\Delta V_i}$$

Neste caso, o  $MIIF_{j,i}$  é determinado por meio dos valores de  $\Delta V_i$  e  $\Delta V_j$  obtidos como resultados de simulações dinâmicas.

**Nota:** A obtenção deste índice é realizada pelo Anatem de forma automática e iterativa até que o afundamento de tensão na barra “i” seja de 1% em relação ao seu valor pré-falta.

A relação de curto-circuito redefinida pelo Cigré para a análise multi-infeed, pode ser estendida para a análise de interação entre fontes, a ser determinada pela seguinte expressão:

$$MISCR_i = \frac{S_{CC_i}}{P_{fnt_i} + \sum_{j=1}^k (MIIF_{j,i} P_{fnt_j})}$$

Onde  $k$  corresponde ao número de fontes no caso em análise,  $S_{CC_i}$  é a potência de curto-circuito da barra de conexão da fonte  $i$  e  $P_{fnt_j}$  é a potência da  $j$ -ésima fonte.

### 36.1.2 Avaliação da Performance da Rede CA - Modo EAIF + YBUS

Alternativamente, considere o sistema da Fig. 36.1 por meio do qual o  $MIIF_{j,i}$  será reescrito em função das admitâncias da rede CA.

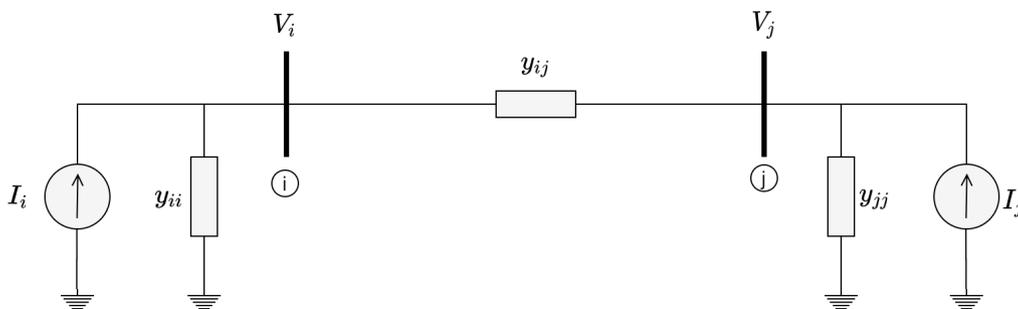


Fig. 36.1: Sistema genérico de 2 barras

Nesse sistema, a variação de tensão na barra “j” pode ser escrita como:

$$\Delta V_j = \Delta I_{ij} \cdot \frac{1}{y_{jj}}$$

Sendo:

$$\Delta I_{ij} = \frac{y_{ij} \cdot y_{jj}}{y_{ij} + y_{jj}} \Delta V_i$$

Portanto:

$$\Delta V_j = \frac{y_{ij} \cdot y_{jj}}{y_{ij} + y_{jj}} \Delta V_i \frac{1}{y_{jj}}$$

Finalmente, o  $MIIF_{j,i}$  pode ser reescrito como:

$$MIIF_{j,i} = \frac{\Delta V_j}{\Delta V_i} = \frac{y_{ij}}{y_{ij} + y_{jj}}$$

A partir da topologia da rede da Fig. 36.1, a matriz de admitâncias desse sistema pode ser escrita como:

$$\mathbf{Y} = \begin{bmatrix} y_{ii} + y_{ij} & -y_{ij} \\ -y_{ij} & y_{jj} + y_{ij} \end{bmatrix}$$

Invertendo a matriz de admitâncias da rede, obtemos a matriz de impedância de barra:

$$\mathbf{Z} = \frac{1}{(y_{ii} + y_{ij})(y_{jj} + y_{ij}) - y_{ij}^2} \cdot \begin{bmatrix} y_{jj} + y_{ij} & y_{ij} \\ y_{ij} & y_{ii} + y_{ij} \end{bmatrix}$$

Dessa forma, o  $MIIF_{j,i}$  pode ser determinado em função dos elementos das matrizes de admitância e impedância da rede CA por meio da seguinte expressão:

$$MIIF_{j,i} = \frac{Y_{ij}}{Y_{jj}} = \frac{Z_{ij}}{Z_{ii}}$$

Escrevendo a potência de curto-circuito da barra “i” como o inverso da impedância de thevenin vista por essa barra, temos:

$$S_{CC_i} = \frac{1}{Z_{ii}} = y_{ii} + \frac{y_{ij} \cdot y_{jj}}{y_{ij} + y_{jj}}$$

Assim, o  $MISCR_i$  pode ser descrito em função dos elementos da matriz de impedâncias da rede, recaindo na seguinte expressão:

$$MISCR_i = \frac{1}{P_{fnt_i} Z_{ii} + \sum_{j=1}^k (P_{fnt_j} \cdot Z_{ij})}$$

Nesse contexto, foi implementado o módulo de análise de interação entre fontes no Anatem, o qual por meio do código *EAIF* calcula automaticamente índices preditivos de desempenho para todas as barras CA que possuem modelos dinâmicos de fontes fornecidos por meio do código *DFNT*.

#### Ver também:

Para mais informações sobre as expressões dos índices deste módulo de análise, consulte a seção *Índices Calculados na Análise de Interação entre Fontes Shunt Controladas por CDU*.

## 36.2 Índices Calculados na Análise de Interação entre Fontes Shunt Controladas por CDU

A seguir é feito o detalhamento dos índices calculados automaticamente no Anatem para todas as barras com modelos de fontes de geração associadas via *DFNT*.

#### Short-Circuit Ratio (SCR)

O *SCR* (*Short Circuit Ratio*) provê uma significativa informação quanto à robustez do sistema CA frente ao montante de potência injetada pela *fonte shunt controlada*. O índice é calculado como

$$SCR_i = \frac{S_{CC_i}}{P_{fnt_i}}$$

onde  $S_{CC_i}$  corresponde à potência de curto-circuito da barra de conexão da *fonte shunt controlada* (utilizando modelagem *PECO* como default) e  $P_{fnt_i}$  é o somatório da potência de todos os grupos de fontes shunt controladas conectadas à barra  $i$ .

**Multi-Infeed Interaction Factor (MIIF) - Default**

A extrapolação do conceito do *MIIF* (*Multi Infeed Interaction Factor*) para a análise da interação entre *fontes shunt controladas* se baseia na aplicação deste índice como um parâmetro de sensibilidade, obtido através de simulações, e que procura estimar a distância elétrica entre as barras CA das *fonte shunt controlada* envolvidas no cálculo. Este índice é calculado pela razão entre a variação de tensão terminal na barra da fonte  $j$ , quando aplica-se um afundamento de 1% na tensão da barra da fonte  $i$ . Este índice é calculado pela expressão

$$MIIF_{j,i} = \frac{\Delta V_j}{\Delta V_i}$$

A variação de 1% na tensão da barra da barra  $i$  é considerada para que a resposta do sistema permaneça na faixa linear de operação.

Este índice é calculado em relação a todas as barras  $j$  do sistema que também participam desta análise.

**Multi-Infeed Interaction Factor (MIIF) - Opção YBUS habilitada**

Com a opção *YBUS* habilitada, o *Multi-Infeed Interaction Factor* é calculado em função das impedâncias da rede elétrica, desprezando os efeitos não lineares da rede e a ação dos sistemas de controle, considerando a rede elétrica formada apenas por impedâncias lineares.

Este índice é calculado pela expressão abaixo

$$MIIF_{j,i} = \frac{Z_{ij}}{Z_{ii}}$$

**Potencial de Interação (PI)**

O Potencial de Interação (*PI*) entre as barras CA das *fonte shunt controlada* pode ser estimado pela combinação da proximidade elétrica (medida pelo *MIIF*) e da relação das potências injetadas pelas fontes shunt controladas. Matematicamente, o potencial de interação é calculado como

$$PI_{j,i} = MIIF_{j,i} \frac{P_{fnt_j}}{P_{fnt_i}}$$

Por *default*, o índice  $MIIF_{j,i}$  considerado no cálculo do  $PI_{j,i}$  é obtido via simulações dinâmicas. No entanto, se a opção *YBUS* for habilitada, este índice será calculado utilizando os elementos da matriz de impedâncias da rede ( $Z_{barra}$ ).

**Multi-Infeed Interaction Short-Circuit Ratio (MISCR)**

O *MISCR* (*Multi Infeed Interaction SCR*) é definido em função do *MIIF* e das potências das *fontes shunt controladas* envolvidas, sendo calculado, para a  $i$ -ésima *fonte shunt controlada*, como

$$MISCR_i = \frac{S_{CC_i}}{P_{fnt_i} + \sum_{j=1}^k (MIIF_{j,i} P_{fnt_j})}$$

onde  $k$  corresponde ao número de *fontes shunt controladas* no caso em análise,  $S_{CC_i}$  é a potência de curto-circuito da barra de conexão da fonte (utilizando modelagem *PECO*),  $P_{fnt_j}$  é a potência da  $j$ -ésima fonte, em *pu*, e  $MIIF_{j,i}$  é o parâmetro de sensibilidade que procura estimar a distância elétrica entre as fontes envolvidas no cálculo.

**Multi-Infeed Short Circuit Ratio (MSCR)**

O *MSCR* (*Multi Infeed Short Circuit Ratio*) é baseado nos elementos da matriz de impedâncias de barra do sistema ( $Z_{barra}$ ) e também pode ser utilizado para avaliar o impacto da interação entre as fontes shunt controladas existentes, sendo calculado, para a  $i$ -ésima *fonte shunt controlada*, como

$$MSCR_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^k (P_{fnt_j} Z_{i,j})}$$

onde  $k$  corresponde ao número de *fontes shunt controladas*,  $P_{fnt_j}$  é a potência da  $j$ -ésima fonte, em *pu*, e  $Z_{i,j}$  é o elemento da posição  $(i, j)$  da matriz de impedâncias de barra  $Z_{barra}$  no sistema.

Verifica-se que, no caso onde apenas uma *fonte shunt controlada* está presente, o valor de *MSCR* coincide com o valor do *SCR* convencional. Os produtos  $P_{fnt_j} Z_{i,j}$  do somatório do denominador das equações do *MSCR* são denominados fatores de participação e podem ser utilizados como uma medida da influência da  $j$ -ésima fonte na relação de curto circuito das  $i$ -ésimas fontes próximos.

**Aviso:** Para efeito do cálculo dos índices da análise de interação entre fontes, utiliza-se a modelagem *PECO*, na qual são desconsiderados os seguintes elementos para a montagem da matriz  $Z_{barra}$ :

- Parcela  $Z$  da carga dos barramentos;
- Geração não modelada;
- Elementos *shunt*;
- Motores de Indução;
- Fontes *shunt* controladas;
- Taps e defasamento de transformadores;
- *Line charging*;
- Todos os demais elementos com ligação para terra na sequência positiva, exceto máquinas síncronas modeladas;

**Ver também:**

Consulte a seção sobre *Fonte Shunt Controlável por CDU* para maiores informações a respeito da definição e associação de fontes shunt controladas por *Controladores Definidos pelo Usuário* às barras de geração definidas no programa *Anarede*.

## 36.3 Definição de Barras CA para Cálculo de *MIIF*

Pelo código *EAIF*, o Anatem calcula automaticamente o *MIIF* (e respectivos reatores de falta para afundamento de 1% da tensão pré-falta), *Sc*, *SCR*, *MSCR* e *MISCR* para todas as barras CA de fontes shunts controladas associadas no código *DFNT*.

---

**Nota:** Barras adicionais, nas quais também é desejado obter o *MIIF*, podem ser fornecidas por meio do código *DMIF* (Definição de barras para cálculo do *MIIF*).

---

### 36.3.1 Exemplo

Listagem 36.1: Exemplo da aplicação do código *DMIF*

```

1 (=====
2 ( DEFINICAO DE BARRAS PARA CALCULO DO INDICE MIIF
3 (=====
4 DMIF
5 ( Nb )
6 10
7 20
8 30
9 40
10 999999

```

**Ver também:**

Para maiores informações sobre a definição de barras adicionais para análise de interação entre fontes, consulte o código *DMIF*.

## 36.4 Cálculo Automático dos Índices da Análise de Interação entre Fontes Shunt Controladas

O cálculo manual dos índices da Análise de Interação entre Fontes Shunt Controladas por meio de simulações dinâmicas demandaria elevada carga de trabalho, especialmente em sistemas com elevada penetração de fontes renováveis, devido à grande quantidade de eventos a serem simulados e medições a serem feitas. Assim, desenvolveu-se no programa Anatem, o recurso para cálculo automático destes índices.

**Atenção:** Utiliza-se como padrão a modelagem do sistema CA sem carregamento pré-falta (denominada *PECO*), para efeito do cálculo destes índices, na qual são desconsiderados os seguintes elementos na modelagem do sistema:

- Parcela de impedância constante da carga e de geração não modelada;
- Line charging;
- Impedância de motores de indução, fontes shunts controladas por CDU, compensadores estáticos;
- Resistência de armadura de máquinas síncronas;
- Elementos shunt em geral, exceto máquinas síncronas.

Com a representação *PECO*, calcula-se o SCR e MISCR, porém, também é possível calcular o ESCR e MI-ESCR (desligando a opção *PECO* no código *DOPC*), habilitando a representação de todos os estes elementos desconsiderados naturalmente.

Pelo código *EAIF*, o Anatem calcula automaticamente o MIIF (e respectivos reatores de falta para afundamento de 1% da tensão pré-falta), Scc, SCR, MSCR e MISCR para todas as barras CA de fontes shunt controlada presentes no caso de estabilidade a ser avaliado. No entanto, barras adicionais, nas quais também é desejado obter o MIIF, podem ser fornecidas por meio do código *DMIF* (Definição de barras para cálculo do MIIF).

Assim, o Anatem calcula a Scc por meio da matriz *Zbarra*, e obtêm valores coerentes com aqueles obtidos pelo programa *Anafas* com modelagem *PECO*.

### 36.4.1 Exemplo

Listagem 36.2: Exemplo da aplicação do código EAIF

```

1 (=====
2 ( ASSOCIAÇÃO DE MODELOS CDU DE FONTES SHUNT CONTROLADAS ÀS BARRAS DE GERAÇÃO
3 (=====
4 DFNT
5 ( Nb)   Gr T (FP%) (FQ%) Und ( Mc )u (R ou G) (X ou B) (Sbas)
6 6135   10 I 100. 100. 24 90102u          -2.300
7 6678   10 I 100. 100. 34 90103u          -2.300
8 6292   10 I 100. 100. 20 90016u          -2.300
9 8651   10 I 100. 100. 19 90034u          -2.300
10 6379   10 I 100. 100. 100 90104u         -2.338
11 6382   10 I 100. 100. 70 90105u          -2.338
12 6227   10 I 100. 100. 25 90107u          -2.338
13 5067   10 I 100. 100. 18 90137u          -2.338
14 8688   10 I 100. 100. 17 90139u          -2.338
15 6144   10 I 100. 100. 32 90108u          -2.574
16 8691   10 I 100. 100. 16 90138u          -2.574
17 5985   10 I 100. 100. 28 90127u          -2.574
18 8693   10 I 100. 100. 16 90129u          -2.574
19 999999
20 (
21 (=====
22 ( CONJUNTO DE BARRAS ADICIONAIS PARA O CÁLCULO DOS ÍNDICES MIIF
23 (=====
24 DMIF
25 ( Nb )
26 10
27 20
28 30
29 40
30 999999
31 (
32 (=====
33 ( EXECUCAO DA ANALISE DE INTERAÇÃO ENTRE FONTES SHUNT CONTROLADAS
34 (=====
35 EAIF
36 (
37 FIM

```

### 36.5 Resultados Esperados

Os resultados exportados pelo programa *Anatem* no módulo de análise de interação entre fontes shunt controladas são apresentados no formato de tabelas, conforme a seguir:

### 36.5.1 Tabelas CSV (arquivo de tipo *MIIF*, solicitado no código *DARQ*)

- Tabela com identificação das barras de geração com modelo dinâmico associado via DFNT:

Nesta tabela também são informados os valores de potência de curto-circuito e o valor do reator aplicado em cada barra CA para o cálculo do MIIF.

Número	Nome da Barra	Sc <sub>c</sub> [MVA]	Reator[MVar]
1369	OSORIOEOL034	200,4	-2,0116
1370	SANGRAEOL034	212,4	-2,1352
1371	INDIOSEOL034	197,32	-2,0077
9732	CERCH1EOL034	168,93	-1,7021
9733	CERCH2EOL034	166,32	-1,678
9734	CERCH3EOL034	169,05	-1,7
1347	CIDREIEOL034	175,95	-1,7597
10109	OSOR23EOL034	180,89	-1,8391
10108	SANG23EOL034	223,74	-2,229
10110	INDI23EOL034	172,45	-1,7574
10124	BOMJAREOL034	279,35	-2,8544
10120	ADOCE-EOL034	342,99	-3,4861
9853	IBIRAPEOL034	135,96	-1,3832
10119	ATLANTEOL012	503,36	-5,0847
10017	MARM2AEOL012	240,59	-2,4328
10018	MARM2BEOL012	242,37	-2,4574
10019	MARM2CEOL012	241,71	-2,4516
9183	XANGRIEOL034	128,29	-1,301
10114	REBCASEOL034	157,88	-1,5883
10112	GERIB1EOL034	389,06	-3,9286
10113	GERIB2EOL034	399,46	-4,0409
10012	COLCHUEOL034	374,42	-3,8876
9948	CINGLEEOL034	68,23	-0,6845
9949	COXSECEOL034	133,12	-1,3053
9950	GALPOEEOL034	61,78	-0,6241
10011	HERMENEOL034	485,47	-7,0832
9900	CHUI9-EOL034	195,38	-2,2486
9867	PONT2BEOL034	123,4	-1,7007
9868	PO2A3BEOL034	203,5	-2,2118

- Tabela de MIIF:

Nome da Barra	MULTI INFEED INTERACTION FACTOR APLICADO ÀS FONTES SHUNTS CONTROLADAS								
	COLCHUEOL034	CINGLEEOL034	COXSECEOL034	GALPOEEOL034	HERMENEOL034	CHUI9-EOL034	PONT2BEOL034	PO2A3BEOL034	
REBCASEOL034	0,025664	0,012613	0,012754	0,012485	0,019465	0,023914	0,00844	0,010317	
GERIB1EOL034	0,24765	0,020446	0,020699	0,020262	0,108025	0,230166	0,019147	0,023457	
GERIB2EOL034	0,254006	0,020976	0,021236	0,020787	0,110795	0,236065	0,019642	0,024063	
COLCHUEOL034	1	0,019712	0,019959	0,019537	0,103835	0,687265	0,01844	0,0226	
CINGLEEOL034	0,003432	1	0,087327	0,08549	0,002578	0,003182	0,002387	0,002931	
COXSECEOL034	0,006648	0,167427	1	0,165432	0,00499	0,00616	0,004621	0,005677	
GALPOEEOL034	0,003114	0,078413	0,079147	1	0,002337	0,002886	0,002165	0,002659	
HERMENEOL034	0,188871	0,027029	0,027365	0,026787	1	0,175583	0,025301	0,031001	
CHUI9-EOL034	0,397272	0,01062	0,010754	0,010527	0,055782	1	0,009924	0,012168	
PONT2BEOL034	0,007648	0,005686	0,00575	0,005629	0,005799	0,007125	1	0,408949	
PO2A3BEOL034	0,011856	0,008802	0,008898	0,00871	0,009005	0,011056	0,531711	1	

- Tabela de Potencial de Interação:
- Tabela de Índices da Análise de Interação entre Fontes:

POTENCIAL DE INTERAÇÃO APLICADO ÀS FONTES SHUNTS CONTROLADAS												
Nome da Barra	COLCHUEOL034	CINGLEEOL034	COXSECEOL034	GALPOEEOL034	HERMENEOL03	CHUI9-EOL034	PONT2BEOL034	PO2A3BEOL034				
REBCASEOL034	0,044634	0,001523	0,004621	0,001206	0,038272	0,005199	0,00106	0,005981				
GERIB1EOL034	0,283028	0,001623	0,004928	0,001286	0,139576	0,032881	0,00158	0,008936				
GERIB2EOL034	0,277097	0,001589	0,004826	0,00126	0,136647	0,032191	0,001548	0,00875				
COLCHUEOL034	1	0,001369	0,004158	0,001085	0,117392	0,085908	0,001332	0,007533				
CINGLEEOL034	0,049422	1	0,26198	0,068392	0,041974	0,005727	0,002483	0,01407				
COXSECEOL034	0,031909	0,055809	1	0,044115	0,027081	0,003696	0,001602	0,009083				
GALPOEEOL034	0,056054	0,098016	0,2968	1	0,047566	0,006493	0,002814	0,015956				
HERMENEOL034	0,16706	0,00166	0,005043	0,001316	1	0,019413	0,001616	0,00914				
CHUI9-EOL034	3,178177	0,0059	0,017923	0,004679	0,504521	1	0,005734	0,032447				
PONT2BEOL034	0,105895	0,005467	0,016586	0,00433	0,090772	0,012332	1	1,887457				
PO2A3BEOL034	0,035569	0,001834	0,005561	0,001452	0,030542	0,004146	0,115204	1				

MULTI INFEED DE FONTES SHUNTS CONTROLADAS - ÍNDICES CALCULADOS							
Nome da Barra	Pdc[MW]	Sc[MVA]	SCR	MSCR	MISCR	Reator[MVar]	
OSORIOEOL034	12,5	200,4	16,0323	7,5264	7,2427	-2,0116	
SANGRAEOL034	12,5	212,4	16,9916	7,7314	7,4278	-2,1352	
INDIOSEOL034	12,5	197,32	15,7856	7,4716	7,1414	-2,0077	
CERCH1EOL034	7,5	168,93	22,5243	10,1401	9,6267	-1,7021	
CERCH2EOL034	7,5	166,32	22,1763	10,0689	9,5506	-1,678	
CERCH3EOL034	7,5	169,05	22,5406	10,1434	9,6422	-1,7	
CIDREIOL034	21	175,95	8,3784	5,5229	5,3433	-1,7597	
OSOR23EOL034	12,5	180,89	14,471	7,1636	6,8216	-1,8391	
SANG23EOL034	12,5	223,74	17,899	7,9139	7,5983	-2,229	
INDI23EOL034	13,2	172,45	13,0645	6,8175	6,4938	-1,7574	
BOMJAREOL034	4,9	279,35	57,0099	41,8079	37,9833	-2,8544	
ADOCE-EOL034	18,9	342,99	18,1474	16,5033	15,7139	-3,4861	
IBIRAPEOL034	6	135,96	22,6602	9,4628	8,9421	-1,3832	
ATLANTEOL12	30	503,36	16,7786	8,5102	8,1701	-5,0847	
MARM2AEOL12	24	240,59	10,0245	5,3142	5,3797	-2,4328	
MARM2BEOL12	12	242,37	20,1977	6,7127	6,8283	-2,4574	
MARM2CEOL12	15,8	241,71	15,2983	6,1984	6,2913	-2,4516	
XANGRIEOL034	8,1	128,29	15,8383	8,2059	8,0105	-1,301	
REBCASEOL034	20,7	157,88	7,6273	5,6844	5,6686	-1,5883	
GERIB1EOL034	31,5	389,06	12,3512	5,4562	5,5832	-3,9286	
GERIB2EOL034	33	399,46	12,1048	5,4457	5,5726	-4,0409	
COLCHUEOL034	36	374,42	10,4005	5,1329	5,2393	-3,8876	
CINGLEEOL034	2,5	68,23	27,2915	10,3241	9,7123	-0,6845	
COXSECEOL034	7,5	133,12	17,7491	9,0446	8,6388	-1,3053	
GALPOEEOL034	2	61,78	30,8895	9,11	8,6007	-0,6241	
HERMENEOL034	40,7	485,47	11,9279	6,4036	6,2427	-7,0832	
CHUI9-EOL034	4,5	195,38	43,4182	5,4281	5,3967	-2,2486	
PONT2BEOL034	2,6	123,4	47,4609	11,5158	10,7949	-1,7007	
PO2A3BEOL034	12	203,5	16,958	10,6466	10,4474	-2,2118	

### 36.5.2 Tabelas no relatório de saída (arquivo de tipo *OUT*, solicitado no código *DARQ*)

- Tabela com identificação das barras de geração com modelo dinâmico associado via DFNT:

```

X-----X
SUMÁRIO DE BARRAS CA PARA ANÁLISE DE INTERAÇÃO ENTRE FONTES SHUNT CONTROLADAS
X-----X

TOTAL DE BARRAS CA COM FONTES SHUNT CONTROLADAS:      29 BARRAS

Número  Nome da Barra      Scs[MVA]      Reator[MVar]
1369    OSORIOEOL034      200.40        -2.0116
1370    SANGRAEOL034      212.40        -2.1352
1371    INDIOSEOL034      197.32        -2.0077
9732    CERCH1EOL034      168.93        -1.7021
9733    CERCH2EOL034      166.32        -1.6780
9734    CERCH3EOL034      169.05        -1.7000
1347    CIDREIEOL034      175.95        -1.7597
10109   OSOR23EOL034      180.89        -1.8391
10108   SANG23EOL034      223.74        -2.2290
10110   INDI23EOL034      172.45        -1.7574
10124   BOMJAREOL034      279.35        -2.8544
10120   ADOCE-EOL034      342.99        -3.4861
9853    IBIRAPEOL034      135.96        -1.3832
10119   ATLANTEOL012      503.36        -5.0847
10017   MARM2AEOL012      240.59        -2.4328
10018   MARM2BEOL012      242.37        -2.4574
10019   MARM2CEOL012      241.71        -2.4516
9183    XANGRIEOL034      128.29        -1.3010
10114   REBCASEOL034      157.88        -1.5883
10112   GERIB1EOL034      389.06        -3.9286
10113   GERIB2EOL034      399.46        -4.0409
10012   COLCHUEOL034      374.42        -3.8876
9948    CINGLEEOL034       68.23         -0.6845
9949    COXSECEOL034      133.12        -1.3053
9950    GALPOEEOL034       61.78         -0.6241
10011   HERMENEOL034      485.47        -7.0832
9900    CHUI9-EOL034      195.38        -2.2486
9867    PONT2BEOL034      123.40        -1.7007
9868    PO2A3BEOL034      203.50        -2.2118
  
```

- Tabela de MIIF:

```

X-----X
MULTI INFEED INTERACTION FACTOR APLICADO ÀS FONTES SHUNTS CONTROLADAS (dV)
X-----X
| Interação Baixa | MIIF < 0.15 |
| Interação Moderada | 0.15 < MIIF < 0.40 |
| Interação Alta | 0.40 < MIIF |
X-----X

Aplicação | Barras de Medição do Afundamento
X-----X
Nome da Barra OSORIOEOL034 SANGRAEOL034 INDIOSEOL034 CERCH1EOL034 CERCH2EOL034 CERCH3EOL034
OSORIOEOL034 1.000000 0.105980 0.105691 0.008657 0.008663 0.008655
SANGRAEOL034 0.112331 1.000000 0.112180 0.009176 0.009183 0.009174
INDIOSEOL034 0.105536 0.105682 1.000000 0.008637 0.008644 0.008635
CERCH1EOL034 0.007923 0.007923 0.007914 1.000000 0.208012 0.207850
CERCH2EOL034 0.007819 0.007819 0.007810 0.205142 1.000000 0.205102
CERCH3EOL034 0.007910 0.007911 0.007901 0.207565 0.207687 1.000000
  
```

- Tabela de Potencial de Interação:

```

POTENCIAL DE INTERAÇÃO APLICADO ÀS FONTES SHUNTS CONTROLADAS
X-----X
| Interação Baixa | PI < 0.15 |
| Interação Moderada | 0.15 < PI < 0.40 |
| Interação Alta | 0.40 < PI |
X-----X

```

Nome da Barra	OSORIOEOL034	SANGRAEOL034	INDIOSEOL034	CERCH1EOL034	CERCH2EOL034	CERCH3EOL034
OSORIOEOL034	1.000000	0.105980	0.105691	0.005194	0.005198	0.005193
SANGRAEOL034	0.112331	1.000000	0.112180	0.005506	0.005510	0.005504
INDIOSEOL034	0.105536	0.105682	1.000000	0.005182	0.005186	0.005181
CERCH1EOL034	0.013205	0.013206	0.013190	1.000000	0.208012	0.207850
CERCH2EOL034	0.013031	0.013032	0.013017	0.205142	1.000000	0.205102
CERCH3EOL034	0.013183	0.013185	0.013169	0.207565	0.207687	1.000000

- Tabela de Índices da Análise de Interação entre Fontes:

```

X-----X
MULTI INFEED DE FONTES SHUNTS CONTROLADAS - ÍNDICES CALCULADOS
X-----X

```

Nome da Barra	Pdc[MW]	Sccl[MVA]	SCR	MSCR	MISCR	Reator[MVar]
OSORIOEOL034	12.50	200.40	16.0323	7.5264	7.2427	-2.0116
SANGRAEOL034	12.50	212.40	16.9916	7.7314	7.4278	-2.1352
INDIOSEOL034	12.50	197.32	15.7856	7.4716	7.1414	-2.0077
CERCH1EOL034	7.50	168.93	22.5243	10.1401	9.6267	-1.7021
CERCH2EOL034	7.50	166.32	22.1763	10.0689	9.5506	-1.6780
CERCH3EOL034	7.50	169.05	22.5406	10.1434	9.6422	-1.7000
CIDREIEOL034	21.00	175.95	8.3784	5.5229	5.3433	-1.7597
OSOR23EOL034	12.50	180.89	14.4710	7.1636	6.8216	-1.8391
SANG23EOL034	12.50	223.74	17.8990	7.9139	7.5983	-2.2290
INDI23EOL034	13.20	172.45	13.0645	6.8175	6.4938	-1.7574
BOMJAREOL034	4.90	279.35	57.0099	41.8079	37.9833	-2.8544
ADOCE-EOL034	18.90	342.99	18.1474	16.5033	15.7139	-3.4861
IBIRAPEOL034	6.00	135.96	22.6602	9.4628	8.9421	-1.3832
ATLANTEOL012	30.00	503.36	16.7786	8.5102	8.1701	-5.0847
MARM2AEOL012	24.00	240.59	10.0245	5.3142	5.3797	-2.4328
MARM2BEOL012	12.00	242.37	20.1977	6.7127	6.8283	-2.4574
MARM2CEOL012	15.80	241.71	15.2983	6.1984	6.2913	-2.4516
XANGRIEOL034	8.10	128.29	15.8383	8.2059	8.0105	-1.3010
REBCASEOL034	20.70	157.88	7.6273	5.6844	5.6686	-1.5883
GERIB1EOL034	31.50	389.06	12.3512	5.4562	5.5832	-3.9286
GERIB2EOL034	33.00	399.46	12.1048	5.4457	5.5726	-4.0409
COLCHUEOL034	36.00	374.42	10.4005	5.1329	5.2393	-3.8876
CINGLEEOL034	2.50	68.23	27.2915	10.3241	9.7123	-0.6845
COXSECEOL034	7.50	133.12	17.7491	9.0446	8.6388	-1.3053
GALPOEOL034	2.00	61.78	30.8895	9.1100	8.6007	-0.6241
HERMENEOL034	40.70	485.47	11.9279	6.4036	6.2427	-7.0832
CHUI9-EOL034	4.50	195.38	43.4182	5.4281	5.3967	-2.2486
PONT2BEOL034	2.60	123.40	47.4609	11.5158	10.7949	-1.7007
PO2A3BEOL034	12.00	203.50	16.9580	10.6466	10.4474	-2.2118

## 36.6 Códigos Relacionados

Definição de barras para cálculo do *MIF*: *DMIF*

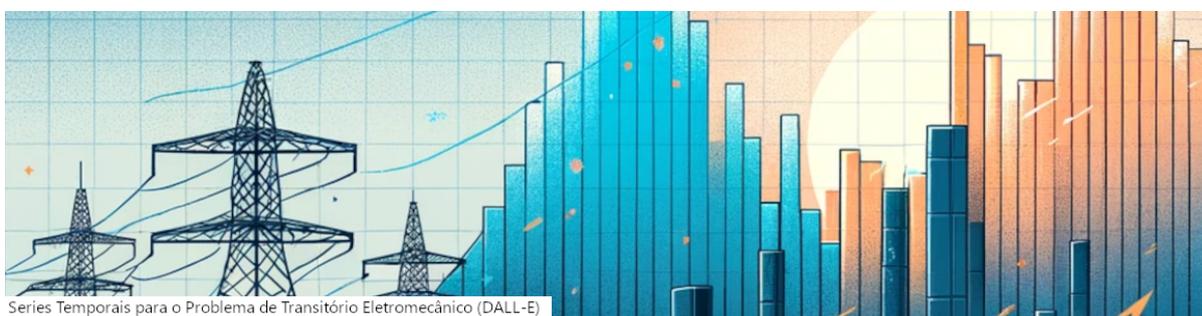
Cálculo Automático de Índices da Análise de Interação entre Fontes: *EAI*



**Parte VIII**

**Outros Recursos**





Uma série temporal é um conjunto de observações coletadas em intervalos regulares de tempo. Estes dados são analisados para identificar padrões, tendências e ciclos ao longo do tempo. As séries temporais são amplamente utilizadas em diversos campos, como economia, meteorologia, finanças, e engenharia, para previsão e modelagem de eventos futuros com base em dados históricos. A análise de séries temporais permite entender como variáveis mudam com o tempo e ajuda na tomada de decisões informadas.

No contexto do Anatem, as séries temporais são utilizadas para modelar variáveis e grandezas que possuem uma variação no tempo além da janela de análise do transitório eletromecânico. Alguns exemplos de variáveis e grandezas que sofrem alterações ao longo do tempo e fora da janela de análise são: incidência solar, velocidade do vento, capacidade das linhas de transmissão. Um outro exemplo de modelagem de variável por meio de séries temporais no Anatem é a Altura de Queda d'Água nos reguladores de velocidade (CDU). O desempenho dinâmico destes reguladores apresenta sensibilidade na resposta em função dessa variável, uma vez que a própria capacidade de geração de energia (potência máxima) é afetada.

Para a utilização dessa estrutura no Anatem, é necessário o emprego de três recursos distintos:

- Recurso *TIME* para aplicação de estampa de tempo no caso histórico.
- Definição das séries temporais por meio do código *DSTR*.
- Bloco *SERIET* no CDU para importar o valor da série temporal definida no código *DSTR* em relação ao tempo da estampa do código *TIME*.

No caso da utilização de séries de queda d'água oriundas da simulação hidrotérmica do SUIISHI, deve-se, além do anterior, utilizar ainda dois outros recursos:

- Associação de arquivos *USIHID* de saída do SUIISHI no código *DARQ*, com o tipo *SUIISHI*.
- Determinação da série estocástica a ser utilizada por meio do código *DSTO*, tipo *HIDRO*.

Para a verificação dos valores efetivamente utilizados pelo *Bloco SERIET* na simulação, utilize o relatório *RSTR*.

## 37.1 Definições acerca de Séries Temporais

Uma série temporal é um conjunto de observações coletadas sequencialmente ao longo do tempo. Essas observações são tipicamente registradas em intervalos regulares e são fundamentais em diversos campos da engenharia, como controle de processos, análise de sistemas e previsão de tendências. O aspecto distintivo de uma série temporal é a sua natureza temporal - cada ponto de dados é dependente do tempo, o que o diferencia de outros tipos de dados estatísticos onde não há uma ordenação natural dos dados.

Na análise de séries temporais, o foco está em compreender as características inerentes aos dados que se revelam ao longo do tempo. Isso pode incluir a identificação de tendências (padrões de aumento ou diminuição ao longo do tempo), sazonalidade (padrões que se repetem em intervalos regulares de tempo), e ciclicidade (padrões que ocorrem em intervalos irregulares). Além disso, a análise pode abordar a detecção de pontos atípicos e a avaliação do impacto de eventos externos sobre a série temporal.

Uma aplicação importante da análise de séries temporais na engenharia é a previsão. Utilizando modelos matemáticos e estatísticos, como ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) ou modelos baseados em redes neurais, os engenheiros podem prever o comportamento futuro de um sistema baseado em seus dados históricos. Isso é particularmente útil em cenários de planejamento e otimização, onde decisões precisas dependem de previsões confiáveis sobre variáveis como demanda de energia, fluxos de tráfego ou comportamento de mercado.

Outro aspecto fundamental da análise de séries temporais é a capacidade de entender e modelar a relação entre diferentes variáveis ao longo do tempo. Por exemplo, em sistemas de controle de processos, a análise de como as variáveis de processo se correlacionam ao longo do tempo pode fornecer insights valiosos para o ajuste de controladores e a melhoria da eficiência operacional.

A complexidade da análise de séries temporais decorre da necessidade de considerar tanto as características intrínsecas dos dados quanto os fatores externos que podem influenciar as observações. Isso requer uma compreensão sólida de métodos estatísticos e matemáticos, além de uma habilidade para interpretar os dados no contexto do sistema em estudo. Com o avanço da tecnologia e o aumento da disponibilidade de dados, a análise de séries temporais tornou-se uma ferramenta ainda mais poderosa e indispensável na caixa de ferramentas do engenheiro moderno.

Por exemplo, o software **NEWAVE**, também desenvolvido pelo CEPEL, utiliza séries temporais principalmente para a modelagem estocástica de afluências às usinas hidroelétricas e velocidades de ventos para geração eólica. Essas séries temporais são representadas por uma árvore de cenários, onde cada caminho na árvore representa um cenário diferente e cada nó uma possível realização da afluência, seguindo um processo estocástico multivariado. O **NEWAVE** é utilizado para o planejamento da operação e expansão de sistemas hidrotermo-eólicos interligados, considerando a estocasticidade hidroelétrica para minimizar o custo de operação e atender a critérios de aversão ao risco hidrológico.

### 37.1.1 Utilização de Séries Temporais no Anatem

No software Anatem, as séries temporais são essenciais para representar variáveis exógenas relevantes ao estudo de fluxo de potência ou transitórios eletromecânicos, como incidência solar, velocidade do vento e altura de queda d'água. O Anatem oferece vários formatos de séries temporais. Um aspecto importante é a capacidade de realizar interpolações: quando um timestamp específico não corresponde exatamente a um dos valores temporais fornecidos nas séries, o Anatem interpola automaticamente entre os valores temporais mais próximos, garantindo continuidade e precisão na representação dos dados ao longo do tempo.

Para facilitar a manipulação dos dados, algumas séries no Anatem incluem uma função de conversão linear ( $y = ax + b$ ), que pode ser ativada através de uma flag específica. Essa funcionalidade permite ajustar e calibrar os dados de acordo com necessidades específicas do usuário ou do modelo, oferecendo flexibilidade adicional em relação aos dados de entrada do modelo.

O código de entrada dos dados de séries temporais é o **DSTR** em conjunto com as opções **MD01** a **MD04**.

**Atenção:** Os dados temporais a serem informados devem seguir uma ordem cronológica de entrada de dados.

## Série Temporal com Anualidade Presumida

Neste tipo de série temporal, as variáveis são modeladas para se repetirem anualmente de maneira consistente. Ou seja, um valor observado em uma data específica, como 1º de fevereiro de 2021, seria o mesmo em 1º de fevereiro de 2022. Essa abordagem simplifica a modelagem ao desconsiderar anos bissextos, assumindo que os valores para uma data específica permanecem constantes de um ano para o outro. Essa característica é particularmente útil para variáveis que demonstram padrões sazonais previsíveis e consistentes.

A primeira régua desse modelo é utilizada para identificação e manipulação linear dos dados. As linhas seguintes são referentes aos dados propriamente ditos. A sequência é terminada com o identificador *FIMSTR*.

### DSTR MD01

Os dados da primeira linha do modelo com Anualidade Presumida possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>id</b>	Identificação numérica da série temporal
<b>nome da série</b>	Nome da série a ser apresentado em relatórios
<i>a</i>	Coeficiente angular para correção ( <i>default</i> igual a 1.0)
<i>b</i>	Coeficiente linear para correção ( <i>default</i> igual a 0.0)
<i>f</i>	Ativação (“S”) da correção linear $y=ax+b$ ou não (“N”). O valor <i>default</i> é “N”

As demais linhas possuem a seguinte régua:

<b>MM</b>	Identificação do mês do timestamp do valor
<b>DD</b>	Identificação do dia do timestamp do valor
<b>HH</b>	Identificação da hora a do timestamp do valor
<b>valor</b>	Valor numérico

## Série Temporal Regular

Na Série Temporal Regular do Anatem, cada valor informado está vinculado a um timestamp específico. Isso significa que o timestamp da série será diretamente comparado com o timestamp da simulação, sem inferências sobre periodicidade ou valores fora do conjunto de dados, diferentemente da :ref:serie\_temporal\_anual. Se o timestamp definido no código :ref:TIME estiver fora da janela temporal da série, o Anatem gerará um erro, indicando a falta de definição da série para aquele momento. Esta série tem a precisão limitada às horas do timestamp.

A primeira linha do modelo é usada para identificação e ajuste linear dos dados, seguida pelos dados em si, e a série é finalizada com *FIMSTR*.

### DSTR MD02

Os dados da primeira linha do modelo Regular possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>id</b>	Identificação numérica da série temporal
<b>nome da série</b>	Nome da série a ser apresentado em relatórios
<i>a</i>	Coeficiente angular para correção ( <i>default</i> igual a 1.0)
<i>b</i>	Coeficiente linear para correção ( <i>default</i> igual a 0.0)
<i>f</i>	Ativação (“S”) da correção linear $y=ax+b$ ou não (“N”). O valor <i>default</i> é “N”

As demais linhas possuem a seguinte régua:

<b>YYYY</b>	Identificação do ano do timestamp do valor
<b>MM</b>	Identificação do mês do timestamp do valor
<b>DD</b>	Identificação do dia do timestamp do valor
<b>HH</b>	Identificação da hora a do timestamp do valor
<b>valor</b>	Valor numérico

## Série Constante

Neste tipo de série não existe qualquer temporalidade associada aos dados. Esse recurso existe para a possibilidade do usuário querer controlar precisamente os valores a serem lidos pelas estruturas de controle que fizerem a utilização das séries temporais e, portanto, é mais uma ferramenta de uso específico que de modelagem.

### DSTR MD03

Os dados do modelo Constante possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>id</b>	Identificação numérica da série temporal
<b>nome da série</b>	Nome da série a ser apresentado em relatórios
<b>b</b>	Coefficiente linear para correção

## Série de Queda d'Água oriunda do SUIHI

Na série temporal oriunda dos arquivos **USIHID.csv** do SUIHI para uso no Anatem, os valores na coluna **QUEDA** são dados utilizados enquanto **valor** da série temporal. Eles são combinados com os parâmetros de identificação das colunas **ANO**, **MES**, **PATAMAR** e **SERIE**. A correspondência entre **ANO** e **MES** com o timestamp no código **TIME** dá a localização temporal daquele ponto. Como o modelo SUIHI é uma simulação hidrotérmica estocástica com vários cenários, a seleção de uma série específica para análise determinística é feita através do código **DSTO**, comparando com a identificação fornecida pelas colunas **SERIE** e **PATAMAR**.

### DSTR MD04

Os dados do modelo SUIHI possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>id</b>	Identificação numérica da série temporal
<b>nome da série</b>	Nome da série a ser apresentado em relatórios
<b>id2</b>	Identificação numérica na base USIHID da série temporal
<i>a</i>	Coefficiente angular para correção ( <i>default</i> igual a 1.0)
<i>b</i>	Coefficiente linear para correção ( <i>default</i> igual a 0.0)
<i>f</i>	Ativação ("S") da correção linear $y=ax+b$ ou não ("N"). O valor <i>default</i> é "N"

## FIMSTR

Este código deve ser fornecido para os modelos de *Série Temporal com Anualidade Presumida* e *Série Temporal Regular*. O código finaliza a entrada de dados dessas duas séries, iniciando o próximo conjunto de dados.

## Exemplo

Listagem 37.1: Exemplo da aplicação do código DSTR

```

1 DSTR MD01
2 (id) (Nome da serie) ( a ) ( b ) f
3 (M DD HH ( valor )
4 02 01 00 200
5 03 01 00 300
6 04 01 00 400.
7 05 01 00 500.
8 06 01 00 600.
9 07 01 00 700.
10 08 01 00 800.
11 09 01 00 900.
12 10 01 00 1000.
13 11 01 00 1100.

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

14 12 01 00          1200.
15 FIMSTR
16 999999
17 (
18 DSTR MD02
19 (id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
20 20 Teste_serie_20          10      2
21 (YYY MM DD HH ( valor )
22 2021 01 01 00          11.00
23 2021 06 01 00          12.00
24 2021 12 02 11          20.00
25 FIMSTR
26 999999
27 (
28 DSTR MD03
29 (id) (Nome da serie ) ( b )
30 31 Teste_serie_31          1e13      f=b, pra qualquer que seja t
31 32 Teste_serie_32          2
32 33 Teste_serie_33          3
33 999999
34 (
35 DSTR MD04
36 (id) (Nome da serie ) id2 ( a ) ( b ) f
37 40 FUNIL-GRANDE          4
38 41 ITAIPU          66
39 42 EMBORCACAO          24
40 999999

```

## 37.2 Definições acerca do *Timestamp*

Um **timestamp** é um conceito amplamente utilizado em computação e tecnologia da informação que se refere a um registro digital indicando uma data e hora específicas. Ele serve como um meio de rastreamento de tempo, marcando exatamente quando um evento ocorre. Isso é particularmente útil em diversas aplicações de software e sistemas, onde é necessário manter um registro preciso de eventos para fins de auditoria, controle de ordem de eventos ou simplesmente para registro histórico.

O formato mais comum de um timestamp é “AAAA-MM-DD HH:MM:SS”, onde ‘AAAA’ representa o ano, ‘MM’ o mês, ‘DD’ o dia, ‘HH’ as horas, ‘MM’ os minutos, e ‘SS’ os segundos. Contudo, este formato pode variar para atender às necessidades específicas de um sistema. A precisão de um timestamp também pode variar, com alguns sistemas registrando até milissegundos ou microssegundos.

Uma consideração importante no uso de timestamps é o fuso horário. Eles podem ser armazenados em horário UTC (Tempo Universal Coordenado) ou considerando fusos horários locais. Essa escolha depende da aplicação e do contexto no qual o timestamp está sendo usado.

Ao utilizar timestamps, é crucial considerar aspectos como o fuso horário, formato e a precisão necessária. Isso assegura que os registros temporais sejam consistentes e úteis para o propósito do sistema.

Por exemplo, no caso de sistemas de potência modelados no Anarede/Anatem, o timestamp pode ser utilizado para indicar ao usuário sobre qual o momento no tempo que aquele caso se refere. Se é um caso oriundo da operação (real), então o timestamp esperado possui a informação completa, do ano aos segundos. Por outro lado, se o caso é referente a um cenário de planejamento, ano e mês deve bastar para todos os propósitos.

---

**Nota:** A prática dos usuários de Anarede no Brasil tem sido de informar uma espécie de timestamp informal no título do caso. Desta forma, um segundo usuário era capaz de indentificar, temporalmente, aquele caso. A utilização

formal de timestamp padroniza a informação, além de ser um dado útil para o programa em si (informação que pode ser processada de alguma forma).

### 37.2.1 Utilização de *Timestamp* no Anatem

A definição do valor do *timestamp* no Anatem pode ser dada de duas formas. A primeira, é a partir da utilização do código *TIME* no Anarede. A informação da estampa de tempo é salva no caso do arquivo histórico e é lido pelo Anatem durante o reestabelecimento do caso do fluxo de potência.

A segunda forma de definição desse valor é por meio do próprio código *TIME*, mas no contexto do Anatem e após o reestabelecimento do caso do fluxo de potência (no código *DARQ* ou no comando *ARQV REST* quando utilizada com *ULOG*). A utilização do código *TIME* no Anatem pode ser feita independentemente de haver informação de estampa de tempo no caso do fluxo de potência; o Anatem substituirá qualquer que seja o valor previamente definido pelo novo valor informado.

Na ausência de qualquer estampa de tempo, o programa considera como *default* o valor de EPOCH=0, ou seja, 01/01/1970 00:00:00 UTC +00:00.

Ao contrário dos outros códigos de execução, o código *TIME* possui um único dado a ser informado, com múltiplas configurações de dado de entrada.

A tabela a seguir apresenta as diferentes configurações de entrada de dados permitida para o código *TIME*. As barras podem ser substituídas por hífens e a sigla UTC pode ser trocada por GMT.

Formato	Descrição
EPOCH	Número inteiro no formato EPOCH (número de segundos passados desde 1/1/1970 00:00, GMT +00:00)
YYYY/MM/DD hh:mm:ss     UTC shh:mm	Formato completo. UTC pode ser substituído por GMT.
YYYY/MM/DD hh:mm        UTC shh:mm	Formato sem informação de segundos. Nesse caso, <i>ss</i> é presumido como 00.
YYYY/MM/DD	Formato sem informação de horas e minutos. Nesse caso, <i>hh</i> é presumido como 12 e <i>mm</i> é presumido como 00. GMT é presumido como sendo o do relógio local do usuário.
YYYY/MM	Formato sem informação de dias. Nesse caso, <i>DD</i> é presumido como 1.

### 37.2.2 Exemplo

Listagem 37.2: Exemplo da aplicação do código TIME

```

1 TIME
2 ( Formato EPOCH
3 1630587807
4 (
5 TIME
6 (YYY/MM/DD hh:mm UTC -HH:MM.
7 2021/09/16 12:00 UTC -03:00

```

### 37.3 Definições acerca de Processos Estocásticos

O conceito de processos estocásticos, especialmente no contexto do planejamento energético de sistemas hidrotérmicos como é o caso do Brasil, é fundamental para entender como modelos como o **NEWAVE** operam. Um processo estocástico, em termos gerais, é um modelo matemático usado para descrever sistemas que evoluem ao longo do tempo de forma incerta ou aleatória.

No caso do planejamento energético de sistemas hidrotérmicos, como os presentes no Brasil, os processos estocásticos são usados para modelar a incerteza inerente às afluições de rios e às condições meteorológicas, que afetam diretamente a geração de energia hidrelétrica. O **NEWAVE**, um modelo de otimização estocástica desenvolvido pelo **CEPEL**, é um exemplo de como esses processos são aplicados.

O **NEWAVE** é utilizado para o planejamento da operação e expansão de sistemas hidro-termo-eólicos interligados de longo e médio prazo. Ele opera com base na programação linear estocástica de múltiplos estágios, considerando a incerteza das afluições às usinas hidroelétricas e as variações na geração de energia eólica. Esta abordagem permite ao modelo simular diferentes cenários futuros, calculando probabilidades associadas a cada um deles, para otimizar a alocação de recursos hídricos e térmicos disponíveis e minimizar os custos operacionais.

A representação estocástica das afluições no **NEWAVE** é realizada através de uma árvore de cenários, onde cada caminho na árvore representa um possível cenário futuro, e cada nó desta árvore corresponde a uma possível realização de afluição em um determinado tempo. Isso permite que o modelo contemple uma ampla gama de possíveis condições futuras, facilitando a tomada de decisões mais informadas e robustas no planejamento da operação energética.

Essa modelagem estocástica é particularmente importante em um país como o Brasil, onde a maior parte da geração de energia é hidrelétrica e, portanto, fortemente dependente das condições hidrológicas. O uso de processos estocásticos no planejamento energético permite uma melhor preparação para diferentes cenários hidrológicos, o que é crucial para garantir a segurança energética, otimizar o uso dos recursos hídricos e minimizar os impactos ambientais.

O **SUSHI**, também desenvolvido pelo **CEPEL**, complementa o **NEWAVE** ao fornecer uma simulação detalhada e individualizada das usinas hidroelétricas, permitindo um entendimento mais profundo do comportamento de cada usina dentro do sistema hidrotérmico. A integração dos dados de simulação do **SUSHI** com o **NEWAVE** permite uma análise mais refinada e precisa dos cenários estocásticos gerados pelo **NEWAVE**. Essa combinação oferece uma visão mais detalhada e realista do sistema, crucial para decisões estratégicas de planejamento energético.

Enquanto o **NEWAVE** foca na otimização estocástica em uma escala mais ampla do sistema, o **SUSHI** detalha cada componente, proporcionando informações valiosas sobre a operação individual das usinas hidrelétricas. Esses detalhes são essenciais para entender as nuances do sistema e para aprimorar as decisões baseadas nos cenários estocásticos gerados pelo **NEWAVE**.

Essa interação entre **SUSHI** e **NEWAVE** ilustra a importância da modelagem estocástica detalhada no planejamento energético, onde a variabilidade hidrológica e as condições climáticas têm um impacto significativo na geração de energia.

### 37.3.1 Adequação do Processo Estocástico ao Anatem

Um processo determinístico é caracterizado pela previsibilidade e certeza em seus resultados, diferenciando-se significativamente de um processo estocástico. Um exemplo claro de um processo determinístico é a simulação de transitórios eletromecânicos. Neste tipo de simulação, se as condições iniciais e as leis físicas que regem o sistema são conhecidas, os resultados futuros podem ser previstos com exatidão.

Na simulação de transitórios eletromecânicos, cada estado futuro do sistema é uma consequência direta e previsível de seu estado anterior, sem a interferência de variáveis aleatórias ou incertas. Assim, sob as mesmas condições iniciais e com as mesmas entradas, a simulação sempre produzirá os mesmos resultados.

Transitar do ambiente estocástico do SUIISHI para o ambiente determinístico do Anatem envolve um processo de seleção e conversão de dados. Essa transição é crucial para garantir a precisão e relevância das análises no Anatem, baseadas em cenários específicos gerados pelo SUIISHI.

O SUIISHI, como um software de simulação estocástica, gera uma variedade de cenários possíveis (ou séries temporais alternativas) baseados em processos estocásticos. Cada um desses cenários representa uma possível realização futura das condições de um sistema hidrotérmico. Para transitar para o Anatem, é necessário selecionar um cenário específico dentre as várias opções fornecidas pelo SUIISHI. Essa escolha é feita com base em critérios específicos, como o cenário mais provável ou um cenário que represente uma condição específica de interesse (como um cenário crítico). Em termos de código de execução, essa seleção é feita pelo código *DSTO*.

Após selecionar um cenário específico no SUIISHI, a série temporal relacionada à altura de queda d'água é extraída para uso no Anatem. Dentro desta série, identifica-se o valor correspondente ao momento definido pelo código *TIME*, resultando em um valor único para a altura de queda d'água.

Dessa maneira, embora a simulação hidrotérmica do SUIISHI origine-se de um processo estocástico, no Anatem, o problema é transformado em um modelo determinístico. Isso é alcançado através da utilização das informações fornecidas pelos códigos *TIME* e *DSTO*. Consequentemente, a simulação no Anatem se mantém determinística, caracterizada pela reprodução consistente e pela ausência de aleatoriedade.

### 37.3.2 Seleção do Cenário de Análise no Anatem

Conforme mencionado anteriormente, o código responsável pela escolha do cenário a ser analisado é o código *DSTO*. Este código possui a seguinte régua de preenchimento:

Tipo	Tipo de grandeza a ser selecionada pelo código
<b>valor1</b>	Primeiro parâmetro para da seleção da grandeza
<b>valor2</b>	Segundo parâmetro para da seleção da grandeza

Em relação a este código está prevista a vinculação de cenários de diversas grandezas. Segue uma relação das grandezas que podem ser escolhidas por meio deste código, incluindo o significado de cada parâmetro:

#### HIDRO

<b>valor1</b>	Número de identificação da série, correspondente à coluna SERIE do arquivo USIHID.csv
<b>valor2</b>	Número de identificação da série, correspondente à coluna PATAMAR do arquivo USIHID.csv

### 37.3.3 Exemplo

No seguinte exemplo, será selecionada a série referente ao ano de 1984 com o patamar de carga identificado pelo número 1:

Listagem 37.3: Exemplo da aplicação do código *DSTO*

```

1 DSTO
2 (Tipo) ( valor1 ) ( valor2 )
3 HIDRO 1984 1
4 999999

```

**Nota:** Os dados de seleção de cenários estocásticos são considerados parâmetros de simulação, e não dados de modelo, assim como são os eventos, as variáveis de plotagem e os parâmetros propriamente ditos definidos em código *DSIM*. Assim, é recomendado que dados deste tipo não façam parte da base de dados a ser distribuída, mas sim como *decks* sugeridos para análise e seleção.

## 37.4 Tutorial sobre Séries Temporais

Os procedimentos a seguir detalham o processo de modelagem de séries temporais e como estas são aplicadas no programa Anatem.

Vamos explorar dois casos de exemplo. No primeiro caso, denominado 29\_SERIET, apresentamos três tipos de séries temporais onde o usuário é responsável por inserir os dados manualmente. Estes tipos incluem a *Série Temporal com Anualidade Presumida*, a *Série Temporal Regular* e a *Série Constante*. No segundo exemplo, chamado 30\_SERIET\_SUISHI, demonstramos como utilizar séries temporais que são importadas a partir de simulações realizadas com o *SUISHI*.

### 37.4.1 Séries Temporais Convencionais

A utilização de séries temporais no Anatem requer a execução de procedimentos específicos. São necessárias as seguintes etapas para a implementação de uma série temporal:

1. **Criação das Séries Temporais:** Isso é feito através do código *DSTR*, que estabelece o tipo de série temporal a ser utilizada.
2. **Estabelecimento da Estampa de Tempo:** O código *TIME* é utilizado para definir o momento específico que será analisado.
3. **Importação das Séries nos Controladores CDU:** As séries temporais são integradas aos controladores CDU relevantes utilizando o bloco *SERIET*.

#### Criação das Séries Temporais

Para definir uma série temporal no Anatem, o código *DSTR* deve ser utilizado em conjunto com a opção de modelo apropriada:

- *DSTR MD01:* Utilizado para a *Série Temporal com Anualidade Presumida*.
- *DSTR MD02:* Aplicado para a *Série Temporal Regular*.
- *DSTR MD03:* Empregado para a *Série Constante*.

No caso das *Série Temporal com Anualidade Presumida* e *Série Temporal Regular*, o preenchimento dos dados ocorre em duas fases. A primeira fase envolve o fornecimento de informações de identificação da série, como número e nome, além de parâmetros para a correção linear dos valores da série ( $y = ax+b$ ), conforme detalhado na tabela subsequente.

<b>id</b>	Identificação numérica da série temporal
<b>nome da série</b>	Nome da série a ser apresentado em relatórios
<i>a</i>	Coefficiente angular para correção ( <i>default</i> igual a 1.0)
<i>b</i>	Coefficiente linear para correção ( <i>default</i> igual a 0.0)
<i>f</i>	Ativação (“S”) da correção linear $y=ax+b$ ou não (“N”). O valor <i>default</i> é “N”

Para as *Série Temporal com Anualidade Presumida* e *Série Temporal Regular*, a inserção de dados segue um formato específico após a definição inicial. A segunda régua de preenchimento é utilizada para inserir uma quantidade variável de valores conforme a necessidade.

No caso da *Série Temporal com Anualidade Presumida*, os valores são associados a uma estampa de tempo parcial, excluindo a informação do Ano. Isso ocorre porque, nesse tipo específico de série, o Anatem opera sob a premissa de que os valores fornecidos se repetem anualmente. Essa série funciona como uma lista circular, o que significa que se o *timestamp* da simulação ultrapassar o último ponto fornecido, o Anatem realizará uma interpolação com o primeiro ponto da série, aplicando a ponderação apropriada. A inserção dos dados para essa série é orientada pela seguinte tabela:

<b>MM</b>	Identificação do mês do timestamp do valor
<b>DD</b>	Identificação do dia do timestamp do valor
<b>HH</b>	Identificação da hora a do timestamp do valor
<b>valor</b>	Valor numérico

No final da inserção dos pontos da série temporal, é necessário indicar o término da entrada de dados utilizando o identificador *FIMSTR*. Este passo sinaliza o fim do conjunto de dados atual e permite o início da entrada de uma nova série temporal.

A seguir, um exemplo de preenchimento da *Série Temporal com Anualidade Presumida*, incluindo correções lineares nos seus valores.

Listagem 37.4: Definindo a *Série Temporal com Anualidade Presumida*

```

DSTR MD01
(id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
(10 Teste_serie_11 10 2 S como f=S => y = 10*valor(T) + 2
 10 Teste_serie_10 10 2 como f=N => y = valor(T)
(10 Teste_serie_11 10 0 como f=N => y = valor(T)
(10 Teste_serie_11 0 10 S como f=S => y = 10
(M DD HH ( valor )
(01 01 00 1
02 01 00 200
03 01 00 300
04 01 00 400.
05 01 00 500.
06 01 00 600.
07 01 00 700.
08 01 00 800.
09 01 00 900.
10 01 00 1000.
11 01 00 1100.
12 01 00 1200.
FIMSTR
(id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
11 Teste_serie_11 2 10 S como f=S => y = 2*valor(T)+10
(M DD HH ( valor )
(01 01 00 1
02 01 00 200
03 01 00 300

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

04 01 00      400.
05 01 00      500.
06 01 00      600.
07 01 00      700.
08 01 00      800.
09 01 00      900.
10 01 00     1000.
11 01 00     1100.
12 01 00     1200.
FIMSTR
999999

```

Em relação à *Série Temporal Regular*, a estampa de tempo requerida inclui a informação até o **Ano**. Neste modelo de série, se o *timestamp* especificado na simulação estiver fora do intervalo dos dados fornecidos, o Anatem não realizará uma extrapolação dos valores. Em vez disso, um erro será gerado. Para contornar esta situação, é possível utilizar o parâmetro *P2* do bloco *SERIET*, permitindo a definição de séries temporais substitutivas para esses casos. A inserção de dados é orientada pela seguinte tabela:

<b>YYYY</b>	Identificação do ano do timestamp do valor
<b>MM</b>	Identificação do mês do timestamp do valor
<b>DD</b>	Identificação do dia do timestamp do valor
<b>HH</b>	Identificação da hora a do timestamp do valor
<b>valor</b>	Valor numérico

A *Série Temporal Regular* também apresenta uma entrada variável de valores e requer o emprego do identificador *FIMSTR*. O exemplo a seguir ilustra a entrada de dados desta série:

Listagem 37.5: Definindo a *Série Temporal Regular*

```

DSTR MD02
(id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
 20 Teste_serie_20      10      2
(YYY MM DD HH ( valor )
2021 01 01 00      11.00
2021 06 01 00      12.00
2021 12 02 11      20.00
FIMSTR
(id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
 21 Teste_serie_21      10      2
(YYY MM DD HH ( valor )
2020 01 01 00      21.00
2020 06 01 00      22.00
2020 12 02 11      30.00
FIMSTR
(id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
 22 Teste_serie_22      2      10 S
(YYY MM DD HH ( valor )
2021 01 01 00      11.00
2021 06 01 00      12.00
2021 12 02 11      20.00
FIMSTR
999999

```

A *Série Constante*, apesar de nomeada como série temporal, é na verdade um recurso que representa um valor constante, que não varia com a passagem do tempo. Este recurso é especialmente útil para análises em que se deseja avaliar o impacto de um valor fixo e específico em uma simulação, sem a necessidade de ajustar controles adicionais. O usuário pode simplesmente substituir uma série temporal variável por esta série de valor constante

para realizar suas avaliações. Esse recurso oferece uma maneira prática e direta de explorar diferentes cenários, sendo sua régua de preenchimento a seguinte:

<b>id</b>	Identificação numérica da série temporal
<b>nome da série</b>	Nome da série a ser apresentado em relatórios
<b>b</b>	Coefficiente linear para correção

Em função desta série não apresentar valores temporais, o identificador *FIMSTR* não deve ser utilizado a cada nova série definida. O exemplo a seguir ilustra o preenchimento deste tipo de série:

Listagem 37.6: Definindo a *Série Constante*

```
DSTR MD03
(id) (Nome da serie ) ( b )
 31 Teste_serie_31      1e13      f=b, pra qualquer que seja t
 32 Teste_serie_32      2
 33 Teste_serie_33      3
999999
```

## Estabelecimento da Estampa de Tempo

A estampa de tempo, ou *timestamp*, em um caso, representa um momento específico no tempo referente ao cenário em análise. Ela é definida com precisão, incluindo até mesmo segundos e suas frações, dentro de um calendário completo. Para registrar um *timestamp* em um caso, utiliza-se o código *TIME*, que é aplicável tanto no Anarede quanto no Anatem.

Quando o código *TIME* é utilizado no Anarede, a informação do *timestamp* é armazenada no arquivo histórico e posteriormente lida automaticamente pelo Anatem durante o processo de reestabelecimento do caso. Além disso, há a opção de modificar o *timestamp* diretamente no Anatem, empregando o mesmo código. Neste caso, o valor inserido no Anatem prevalecerá sobre o lido do arquivo histórico do Anarede.

Uma característica distintiva do código *TIME* é sua flexibilidade na entrada de dados. Diferentemente de outras entradas de dados, ele aceita múltiplos formatos para facilitar o uso pelo usuário, conforme descrito na lista a seguir:

Formato	Descrição
EPOCH	Número inteiro no formato EPOCH (número de segundos passados desde 1/1/1970 00:00, GMT +00:00)
YYYY/MM/DD hh:mm:ss UTC shh:mm	Formato completo. UTC pode ser substituído por GMT.
YYYY/MM/DD hh:mm UTC shh:mm	Formato sem informação de segundos. Nesse caso, <i>ss</i> é presumido como 00.
YYYY/MM/DD	Formato sem informação de horas e minutos. Nesse caso, <i>hh</i> é presumido como 12 e <i>mm</i> é presumido como 00. GMT é presumido como sendo o do relógio local do usuário.
YYYY/MM	Formato sem informação de dias. Nesse caso, <i>DD</i> é presumido como 1.

O usuário tem a liberdade de escolher entre barras ou hífen para separar os elementos de **Ano**, **Mês** e **Dia** na estampa de tempo, além de poder optar pela representação do marcador de fuso horário em **UTC** ou **GMT**. É importante que a escolha de formato para a entrada de dados reflita a precisão necessária para a informação em questão. Por exemplo, para um registro de caso oriundo da operação real, como os dados provenientes da plataforma SAGE, seria apropriado utilizar a estampa de tempo com toda a sua precisão. Por outro lado, para um estudo prospectivo de alguns meses ou anos no futuro, pode ser suficiente fornecer apenas o **Ano** e o **Mês**. O exemplo a seguir demonstra como realizar o preenchimento em um caso histórico onde a precisão completa da estampa de tempo é relevante:

Listagem 37.7: Definindo o *timestamp*

```

TIME
( Formato EPOCH
1630587807
(
TIME
(YYY/MM/DD hh:mm UTC -HH:MM. Veja o manual para mais formatos)
2021/09/16 12:00 UTC -03:00

```

### Importação das Séries nos Controladores CDU

No Anatem, a importação de séries temporais é realizada através do bloco *Bloco SERIET*, que opera dentro do contexto de *Controladores Definidos pelo Usuário*. Para efetuar essa importação, é essencial fornecer no bloco *Bloco SERIET* os identificadores das séries temporais. Este procedimento é similar à especificação de um *local remoto* em blocos *IMPORT*.

No contexto do bloco *Bloco SERIET*, é permitido informar até dois parâmetros de identificação, além de um parâmetro de valor *default*. Esta configuração possibilita ao usuário uma flexibilidade considerável na definição das séries temporais a serem utilizadas, conforme demonstrado na seguinte descrição:

<i>P1</i>	Número de identificação da série temporal a ser extraído o valor de saída
<i>P2</i>	Número de identificação da série temporal a ser extraído o valor de saída no caso da série em <i>P1</i> não apresentar valor viável
<i>P3</i>	Valor <i>default</i> para a variável de saída, caso a série referente ao campo <i>P2</i> não seja viável

No Anatem, o funcionamento do bloco *SERIET* segue uma lógica específica para a consulta de valores nas séries temporais. A série associada ao parâmetro *P2* é acessada apenas se a série em *P1* não fornecer um valor viável. Isso ocorre, por exemplo, quando os dados da série em *P1* não cobrem a estampa de tempo especificada pelo código *TIME* e o modelo não está configurado para extrapolar valores.

Se a estampa de tempo especificada em *TIME* estiver dentro do intervalo da série temporal definida em *P1*, o valor de saída do bloco *Vsai* será o resultado de uma interpolação entre os dois pontos mais próximos encontrados na série.

Na eventualidade de nenhuma das séries em *P1* ou *P2* fornecer um valor viável, o Anatem recorrerá ao valor especificado em *P3*, desde que este tenha sido definido.

É importante ressaltar que o bloco *SERIET*, embora semelhante aos blocos *ENTRAD* e *IMPORT* por ser um bloco de interface, difere em certos aspectos. Assim como o bloco *IMPORT*, ele não é sujeito à inicialização automática nem ao comando *Definição de Valor Inicial de Variáveis (DEFVAL)*. Contudo, assim como o bloco *ENTRAD*, o *SERIET* pode ser afetado por eventos como *TCDU* e *RCDU*. A menos que eventos sejam aplicados, o valor de saída do bloco *SERIET* permanecerá constante ao longo de toda a simulação, tal qual um bloco *ENTRAD* e diferentemente de um bloco *IMPORT*.

A seguir, um trecho de código Anatem ilustra a utilização desse bloco em um CDU, considerando as séries definidas previamente:

Listagem 37.8: Definindo o *Bloco SERIET*

```

DCDU
(ncdu) ( nome cdu )
2   TESTE
(EFPAR (nome) (   valor   )
DEFPAR #T1           3.1
( Bloco SERIET tenta achar o valor na serie em P1, depois tenta em P2, depois usa o
↪ valor
( default em P3

```

(continua na próxima página)

```

( Para efeitos de OTMX e de eventos, SERIET se comporta como ENTRAD.
(nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
  1 SERIET                X1      20   10   #T1                Sinal_
↳definido em 20
  2 SAIDA                 X1
 11 SERIET                X2      100  200   #T1                P1 e P2_
↳inexistentes, irá usar P3
 12 SAIDA                 X2
 21 SERIET                X3      21   10   #T1                Serie 21_
↳fora do timestamp, usará 10
 22 SAIDA                 X3
 31 SERIET                X4      11                #T1                Usará a_
↳transformação y=2x+10 na série MD01
 32 SAIDA                 X4
 41 SERIET                X5      22                #T1                Usará a_
↳transformação y=2x+10 na série MD02
 42 SAIDA                 X5
 51 SERIET                X6      31                #T1                Usará a_
↳série MD03
 52 SAIDA                 X6
FIMCDU
999999

```

### 37.4.2 Séries Temporais oriundas do SUIISHI

Para a utilização da *Série de Queda d'Água oriunda do SUIISHI*, alguns passos adicionais em relação ao procedimento anterior devem ser tomados, como na relação a seguir:

1. **Definição da pasta contendo os arquivos USIHID:** Isso é feito através do código *DARQ*, tipo *SUIISHI* que estabelece o tipo de série temporal a ser utilizada.
2. **Associação dos arquivos USIHID à estrutura de Série Temporal:** Para realizar esta associação, deve-se utilizar o código *DSTR MD04*.
3. **Definição do cenário de análise:** Como a simulação hidrotérmica do SUIISHI é oriunda de um processo estocástico e o Anatem é um simulador determinístico, requer escolher um cenário para análise. Isto é feito por meio do código *DSTO*.

#### Definição da pasta contendo os arquivos USIHID

A simulação hidrotérmica realizada pelo SUIISHI gera diversos tipos de arquivos, dos quais o Anatem utiliza especificamente os do tipo USIHID. Estes arquivos, que são gerados individualmente para cada usina hidroelétrica na simulação do SUIISHI, contêm parâmetros detalhados dessas usinas. O Anatem, por sua vez, foca nas informações das colunas **Ano**, **Mês**, **Série**, **Patamar** e **Queda** para construir suas análises.

As colunas **Ano**, **Mês** e **Queda** são empregadas para formar uma série temporal, seguindo a lógica de uma *Série Temporal Regular*. Devido à natureza estocástica do SUIISHI, os dados de queda d'água resultam em diferentes cenários dentro dessas séries temporais. Já as colunas **Série** e **Patamar** têm a função de identificar os diversos cenários de simulação presentes.

Para integrar a pasta de dados contendo os arquivos USIHID no Anatem, utiliza-se o código *DARQ*, selecionando o tipo *SUIISHI*. É importante notar que, diferentemente de outros tipos no código *DARQ*, este se refere a uma pasta inteira. Portanto, o identificador do caminho deve terminar com uma barra ("/") ou contra-barras ("").

Segue um exemplo de como associar os arquivos USIHID ao Anatem:

Listagem 37.9: Declaração de arquivo de entrada USIHID oriundos do SUIISHI

```

DARQ
(Tipo) (C) ( Arquivo
OUT      exemplo.out
LOG      exemplo.log
PLT      exemplo.plt
SAV      2  exemplo.sav
BLT      exemplo.blr
SUIISHI  suishi_output/
999999

```

### Associação dos arquivos USIHID à estrutura de Série Temporal

Após definir a pasta-fonte para os arquivos USIHID no Anatem, o próximo passo é associar o identificador das usinas na base do SUIISHI com um novo identificador de séries a ser usado no Anatem. Para esta finalidade, emprega-se o código *DSTR MD04*.

Este código específico apresenta uma régua única de preenchimento, eliminando a necessidade do identificador *FIMSTR*. A configuração para a entrada de dados nesse código segue a estrutura detalhada na tabela a seguir:

<b>id</b>	Identificação numérica da série temporal
<b>nome da série</b>	Nome da série a ser apresentado em relatórios
<b>id2</b>	Identificação numérica na base USIHID da série temporal
<i>a</i>	Coefficiente angular para correção ( <i>default</i> igual a 1.0)
<i>b</i>	Coefficiente linear para correção ( <i>default</i> igual a 0.0)
<i>f</i>	Ativação (“S”) da correção linear $y=ax+b$ ou não (“N”). O valor <i>default</i> é “N”

Assim como outras séries temporais, a *Série de Queda d’Água oriunda do SUIISHI* oferece a funcionalidade de correção linear dos valores. Esta característica é especialmente útil para ajustes, como a conversão de alturas brutas para líquidas ou a transformação dos valores para base por unidade (pu).

A seguir, apresenta-se um exemplo prático de como preencher o código *DSTR MD04*, estabelecendo a ligação com arquivos USIHID específicos:

Listagem 37.10: Associação de arquivo de entrada USIHID oriundos do SUIISHI na estrutura de série temporal

**DSTR MD04**

```
(id) (Nome da serie) id2 ( a ) ( b ) f
```

```
40 FUNIL-GRANDE 4
```

```
41 ITAIPU 66
```

```
42 EMBORCACAO 24
```

```
999999
```

**Definição do cenário de análise**

Após a vinculação das séries temporais do SUIISHI ao Anatem, é importante definir qual cenário, dentro do processo estocástico originário, será avaliado. Para esta finalidade, utiliza-se o código *DSTO*. Este código permite a seleção específica de grandezas e cenários, com base nos seguintes parâmetros:

<b>Tipo</b>	Tipo de grandeza a ser selecionada pelo código
<b>valor1</b>	Primeiro parâmetro para da seleção da grandeza
<b>valor2</b>	Segundo parâmetro para da seleção da grandeza

No contexto específico de análise da previsão da altura de queda d'água proveniente do SUIISHI, a configuração para o **tipo** da grandeza deve ser definida como *HIDRO*. Nesta configuração, os parâmetros **valor1** e **valor2** são interpretados da seguinte forma:

<b>va- lor1</b>	Número de identificação da série, correspondente à coluna SERIE do arquivo USIHID.csv
<b>va- lor2</b>	Número de identificação da série, correspondente à coluna PATAMAR do arquivo USIHID.csv

Desta forma, o conjunto de séries alternativas do processo estocástico do SUIISHI é reduzido a um cenário específico e a simulação é realizada de forma determinística, tal qual a natureza originária do Anatem.

Essa estrutura permite a seleção precisa do cenário específico e das condições de operação hidroelétrica que serão analisadas no Anatem. Para demonstrar a aplicação prática do código *DSTO* no Anatem, apresenta-se um exemplo específico a seguir:

Listagem 37.11: Exemplo da aplicação do código *DSTO* para selecionar a SERIE 1984 do PATAMAR 1

<b>DSTO</b>			
(Tipo)	( valor1 )	( valor2 )	
HIDRO	1984		1
<b>999999</b>			

## 37.5 Trabalhos Relacionados

Confira os seguintes trabalhos desenvolvidos pela equipe *Anatem*:

- Integração SUIISHI-Anatem para a Consideração do Planejamento Energético de Médio e Longo Prazo nos Estudos de Estabilidade Eletromecânica<sup>1</sup>

## 37.6 Códigos Relacionados

Definição de CDUs: *DCDU DTDU ACDU*

Definição da série temporal: *DSTR*

Definição de estampa de tempo: *TIME*

Associação de arquivos SUIISHI: *DARQ*

Definição do cenário do processo estocástico: *DSTO*

Relatório dos valores das séries temporais: *RSTR*

<sup>1</sup> Nicolás Abreu Rocha Leite Netto, Carmen Lucia Tancredo Borges, Andre Luiz Diniz, and Fabio Rodrigo Siqueira Batista. Integração Suishi-Anatem para a Consideração do Planejamento Energético de Médio e Longo Prazo nos Estudos de Estabilidade Eletromecânica. In *XXVI Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica - SNPTEE*. 2023.



## **Parte IX**

# **Miscelânea**



## Equação de Oscilação da Máquina Síncrona



Library with hanging bulbs - Janko Ferlic

Na análise de estabilidade eletromecânica, a equação básica de oscilação dos rotores das *máquinas síncronas* é desenvolvida considerando que o eixo turbina-gerador é composto por uma única massa concentrada, com uma inércia equivalente ( $H$ ), dada pelo somatório das inércias das massas individuais que compõem o rotor da máquina síncrona.

**Nota:** Este modelo é adotado nos estudos de transitórios eletromecânicos no *Anatem* para a análise de oscilações entre dos rotores de cada máquina síncrona em relação às demais máquinas de sistemas multi-máquina, permitindo observar o modo eletromecânico de oscilação, tipicamente entre de 0.1 e 3 Hz.

### 38.1 Diagrama de Blocos da Equação de Oscilação

A *equação de oscilação* da máquina síncrona reflete a variação do ângulo  $\delta$  em uma condição de desequilíbrio entre os torques aplicados ao rotor da máquina, conforme a seguir:

$$\frac{2H}{\omega_0} \frac{d\delta^2}{dt^2} = T_m - T_e - D\Delta\omega_r$$

Sendo:

$H$	Constante de inércia equivalente do rotor
$\delta$	Abertura angular entre o rotor e uma referência síncrona
$\omega_0$	Frequência nominal = $\omega_0 = 2\pi f_0$
$t$	tempo
$T_m$	Torque mecânico
$T_e$	Torque elétrico ou torque eletromagnético
$D$	Coefficiente de amortecimento

A representação de espaço de estados das equações de oscilação da máquina síncrona são expressas como um conjunto de equações diferenciais de primeira ordem, na seguinte forma:

$$\frac{d\Delta\omega_r}{dt} = \frac{1}{2H} (T_m - T_e - D\Delta\omega_r)$$

$$\frac{d\delta}{dt} = \omega_0\Delta\omega_r$$

O diagrama de blocos da equação de oscilação da máquina é ilustrado na Fig. 38.1:

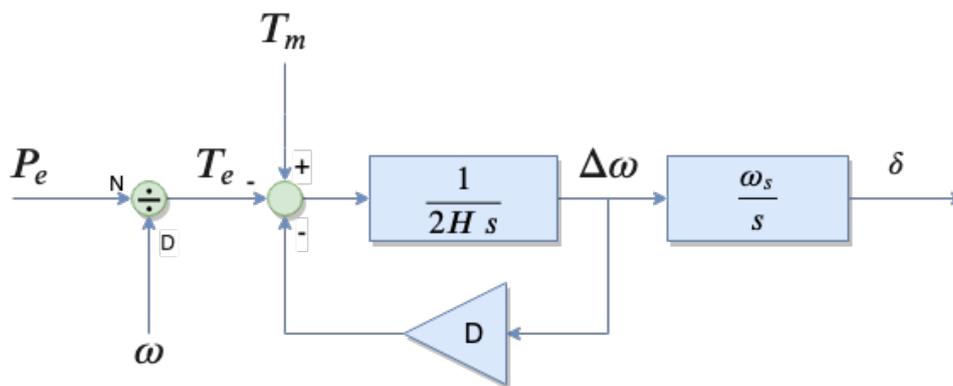


Fig. 38.1: Diagrama de blocos da equação de oscilação da máquina síncrona

## 38.2 Equação de Oscilação do Anatem

Em função da faixa de frequência dos fenômenos de interesse na análise de estabilidade eletromecânica<sup>1</sup> (tipicamente em entre 0.1 e 3 Hz), algumas simplificações são adotadas na equação de oscilação da máquina síncrona, incluindo a consideração da frequência elétrica próximo ao seu valor nominal.

**Importante:** Dessa forma, os **torques elétrico e mecânico são considerados aproximadamente iguais às potências elétrica e mecânica**, e por isso o Anatem considera a seguinte equação na simulação tradicional de estabilidade eletromecânica:

$$\frac{2H}{\omega_0} \frac{d\delta^2}{dt^2} = P_m - P_e - D\Delta\omega_r$$

**Nota:** Quando a opção **CORFREQ** é habilitada no **DMDG** é feita a correção das reatâncias da máquina síncrona e das potências elétrica e mecânica com variação da velocidade do rotor. Assim, os torques elétrico e mecânico são considerados na equação de oscilação da máquina, conforme a seguir:

$$\frac{2H}{\omega_0} \frac{d\delta^2}{dt^2} = T_m - T_e - D\Delta\omega_r$$

<sup>1</sup> Prabha Kundur, Neal J Balu, and Mark G Lauby. *Power system stability and control*. Volume 7. McGraw-hill New York, 1994.

### 38.3 Opções de Execução que Modificam a Equação de Oscilação do Anatem

Ainda há possibilidade de utilizar as opções *TMEC* e/ou *TELE* em conjunto com o código *EXSI*, produzido os seguintes resultados:

- A opção *TELE* usada com o Código *EXSI*, considera o torque elétrico na equação de oscilação da máquina síncrona quando a opção *CORFREQ* está habilitada no código *DMDG*. Ao habilitar a opção *TELE*, a potência elétrica será dividida pela frequência do rotor na equação swing, ou seja será considerado o torque elétrico. Por outro lado, a potência mecânica não será dividida pela frequência do rotor nessa mesma equação.
- A opção *TMEC* usada com o Código *EXSI*, considera apenas o torque mecânico na equação de oscilação da máquina síncrona quando a opção *CORFREQ* está habilitada no código *DMDG*. Ao habilitar a opção *TMEC*, apenas o torque mecânico será considerado na equação swing, enquanto a potência elétrica não será dividida pela frequência do rotor nessa mesma equação.

**Atenção:** As opções *TMEC* e *TELE* não terão efeito nas equações de oscilação de máquinas síncronas que não apresentarem a opção *CORFREQ* habilitada no respectivo *DMDG*.

**Nota:** Ao habilitar ambas Opções *TMEC* e *TELE* junto ao *EXSI*, ambos os torques mecânico e elétrico serão considerados na equação de oscilação da máquina síncrona.

### 38.4 Tabela Resumo de Opções de Execução que Modificam a Equação de Oscilação

A tabela a seguir ilustra o comportamento da equação de oscilação para cada máquina síncrona, considerando as possíveis combinações de utilização das opções *TMEC* e *TELE* e do parâmetro *CORFREQ*:

Execução da Simulação	Opção <b>CORFREQ</b> está habilitada no <i>DMDG</i> ?	
	SIM (*)	NÃO
<i>EXSI</i> sem opções adicionais	$\frac{2H}{\omega_s} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = T_{mec} - T_{ele} - D\Delta\omega_r$	$\frac{2H}{\omega_s} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_{mec} - P_{ele} - D\Delta\omega_r$
<i>EXSI TMEC</i>	$\frac{2H}{\omega_s} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = T_{mec} - P_{ele} - D\Delta\omega_r$	$\frac{2H}{\omega_s} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_{mec} - P_{ele} - D\Delta\omega_r$
<i>EXSI TELE</i>	$\frac{2H}{\omega_s} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_{mec} - T_{ele} - D\Delta\omega_r$	$\frac{2H}{\omega_s} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_{mec} - P_{ele} - D\Delta\omega_r$
<i>EXSI TMEC TELE</i>	$\frac{2H}{\omega_s} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = T_{mec} - T_{ele} - D\Delta\omega_r$	$\frac{2H}{\omega_s} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_{mec} - P_{ele} - D\Delta\omega_r$

**Importante:** (\*) Quando a opção *CORFREQ* é habilitada no *DMDG* também é feita a correção das reatâncias da máquina síncrona com a variação da frequência elétrica

#### Ver também:

Consulte a seção *DMDG* para mais informações sobre o uso da opção *CORFREQ* para alterar o comportamento da equação de oscilação do programa.



## Métodos de Solução usados no Programa



Library with hanging bulbs - Janko Ferlic

O método matemático de solução utilizado no *Anatem* é dividido em dois conjuntos de problemas principais: a solução das equações diferenciais e a solução das equações algébricas.

São utilizadas equações diferenciais para descrever o comportamento da maioria dos equipamentos (como as *máquinas síncronas* e seus controles), enquanto que as equações algébricas são utilizadas para descrever o comportamento da rede elétrica e de parte da modelagem dos equipamentos (como blocos de *CDU* algébricos).

### 39.1 Método de Integração para Equações Diferenciais

O programa utiliza o método trapezoidal implícito para a algebrização das equações diferenciais, cuja formulação básica está definida a seguir para uma equação diferencial de primeira ordem:

$$\begin{aligned} \dot{x} + ax &= v \\ \int_{t-\Delta t}^t dx + \int_{t-\Delta t}^t ax dt &= \int_{t-\Delta t}^t v dt \\ x(t) - x(t-\Delta t) + a \frac{\Delta t}{2} (x(t) + x(t-\Delta t)) &= \frac{\Delta t}{2} (v(t) + v(t-\Delta t)) \end{aligned}$$

Assim:

$$x(t) = B_{(t-\Delta t)} + \frac{\frac{\Delta t}{2}}{1 + a \frac{\Delta t}{2}} \cdot v(t)$$

Sendo  $B_{(t-\Delta t)}$  chamado de “termo histórico” e definido como:

$$B_{(t-\Delta t)} = \frac{1 - a \frac{\Delta t}{2}}{1 + a \frac{\Delta t}{2}} x(t-\Delta t) + \frac{\frac{\Delta t}{2}}{1 + a \frac{\Delta t}{2}} v(t-\Delta t)$$

## 39.2 Método de Solução das Equações Algébricas da Rede CA

É utilizado o método direto de solução de sistemas lineares usando fatoração LU em sistemas esparsos de matrizes simétricas. A rede CA é descrita pelo sistema linear do tipo  $[Y_{bus}][V] = [I]$ , onde  $[V]$  é o vetor de tensões nodais,  $[I]$  é o vetor de correntes injetadas nos nós e  $[Y_{bus}]$  a matriz de admitância nodal. Caso haja *cargas funcionais* ou outros elementos não lineares (como *conversores CA-CC*, *compensadores estáticos*, *motores de indução*, etc.) as correntes destes elementos são consideradas no vetor  $[I]$  e a solução de rede será necessariamente iterativa, pois estas correntes dependem do vetor de tensões  $[V]$  a ser calculado. As barras de geração consideradas como *barras infinitas* (tensão e frequência constantes) têm as variáveis correspondentes eliminadas do sistema, sendo suas contribuições incluídas no termo independente à direita da igualdade do sistema.

**Nota:** Barras *swing* (ou  $V\theta$ ) na modelagem do fluxo de potência não possuem relação com barras infinitas em transitórios eletromecânicos.

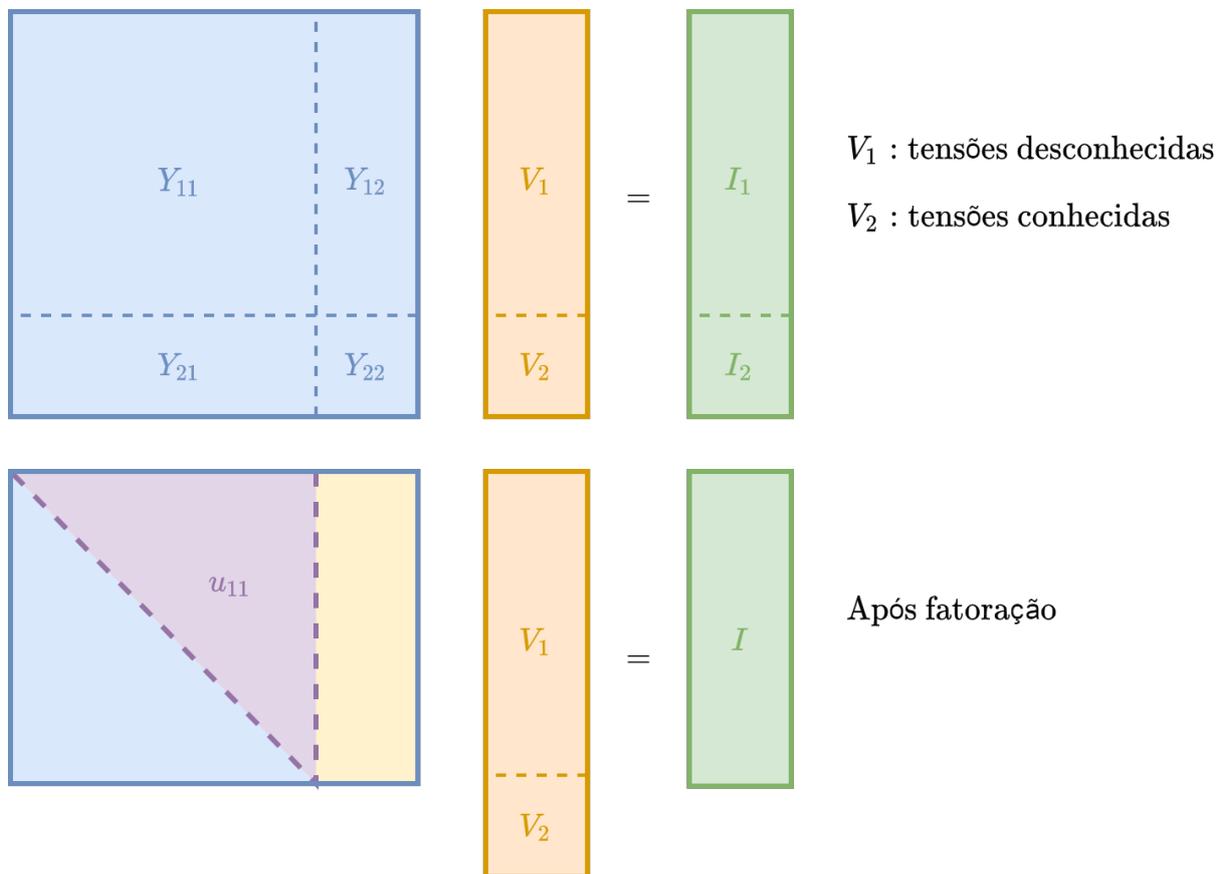


Fig. 39.1: Esquema de fatoração utilizado na solução da Rede CA

### 39.3 Esquema de Solução do Anatem

Para a modalidade de simulação de transitórios eletromecânicos (código *EXSI*), o *Anatem* segue o fluxograma da Fig. 39.2. Existem quatro tipos de críticas realizadas pelo programa antes do processo de solução:

- **Consistência dos dados:** entrada de dados inválida ou ausência de dados obrigatórios (como parâmetros obrigatórios de alguns blocos de *CDU*)
- **Associação inválida:** quando o dado informado é referente a um elemento inexistente no fluxo de potência (para definir um *motor de indução* no *Anatem*, é necessário antes definir o motor no *Anarede*).
- **Interface de CDU inválida:** quando os locais de medição informados não existem no caso, sejam eles relativos a dados do fluxo de potência (como *circuitos*), sejam eles relativos a equipamentos com dinâmica (como *máquinas síncronas*).
- **Inicialização inviável:** quando as condições operativas observadas no caso do fluxo de potência são incompatíveis com os dados informados nos modelos dinâmicos (e.g., quando o reativo gerado por um gerador é superior no caso *Anarede* àquele verificado como possível pelo seu regulador de tensão).

Após a análise crítica dos dados, o *Anatem* prossegue com a simulação. A cada avanço no passo de simulação:

- **Avaliação de alterações no sistema:** verifica-se condições de mudança no sistema (e.g., abertura de circuitos) devido a eventos ou à atuação de proteções;
- **Cálculo de termos históricos e Extrapolação quadrática:** calcula-se o termo  $B_{(t-\Delta t)}$  e se realiza a extrapolação quadrática de variáveis de interesse. A extrapolação quadrática do *Anatem* aprimora a taxa de convergência do processo iterativo.
- **Solução iterativa das equações algébrico-diferenciais:** todos os modelos de equipamentos e de rede são resolvidos nesta etapa. Este processo é iterativo e alternado. O detalhamento desta etapa se encontra na Fig. 39.3.
- **Relatórios e Plotagens:** são emitidos nos arquivos *OUT*, *LOG* e *PLT* os dados referentes aquele passo de simulação (como atuação de eventos, controles, problemas de convergência, etc.).

A simulação finda quando é alcançado o tempo determinado no código *DSIM* imediatamente anterior à execução do código *EXSI*.

O detalhamento da solução do processo iterativo pode ser dividido em quatro partes:

- **Solução de modelos CC:** corresponde a solução matemática de modelos de *controle de elo* e também de *conversores CA-CC*. As equações diferenciais desses modelos são resolvidas pelo método trapezoidal implícito, de forma alternada com as equações algébricas associadas.
- **Solução de rede CC:** corresponde a solução matemática da rede CC. A rede CC é considerada modelada por elementos estáticos e portanto não apresenta modelagem diferencial nas suas equações. Estas equações algébricas são resolvidas de forma simultânea pelo método LU.
- **Solução de modelos CA:** corresponde a solução matemática de praticamente todos os modelos dinâmicos como *geradores síncronos* e *compensadores estáticos*. As equações diferenciais desses modelos são resolvidas pelo método trapezoidal implícito, de forma alternada com as equações algébricas associadas.
- **Solução de rede CA:** corresponde a solução matemática da rede CA. A rede CA é considerada modelada por elementos estáticos e portanto não apresenta modelagem diferencial nas suas equações. Estas equações algébricas são resolvidas de forma simultânea pelo método LU.

Cada uma das etapas descritas anteriormente apresentam laços distintos de convergência, com constantes que alteram o processo de solução.

#### Ver também:

Consulte a entrada *Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho* para mais informações sobre o uso de *Opções de Execução* para alterar o comportamento do processo de solução do programa.

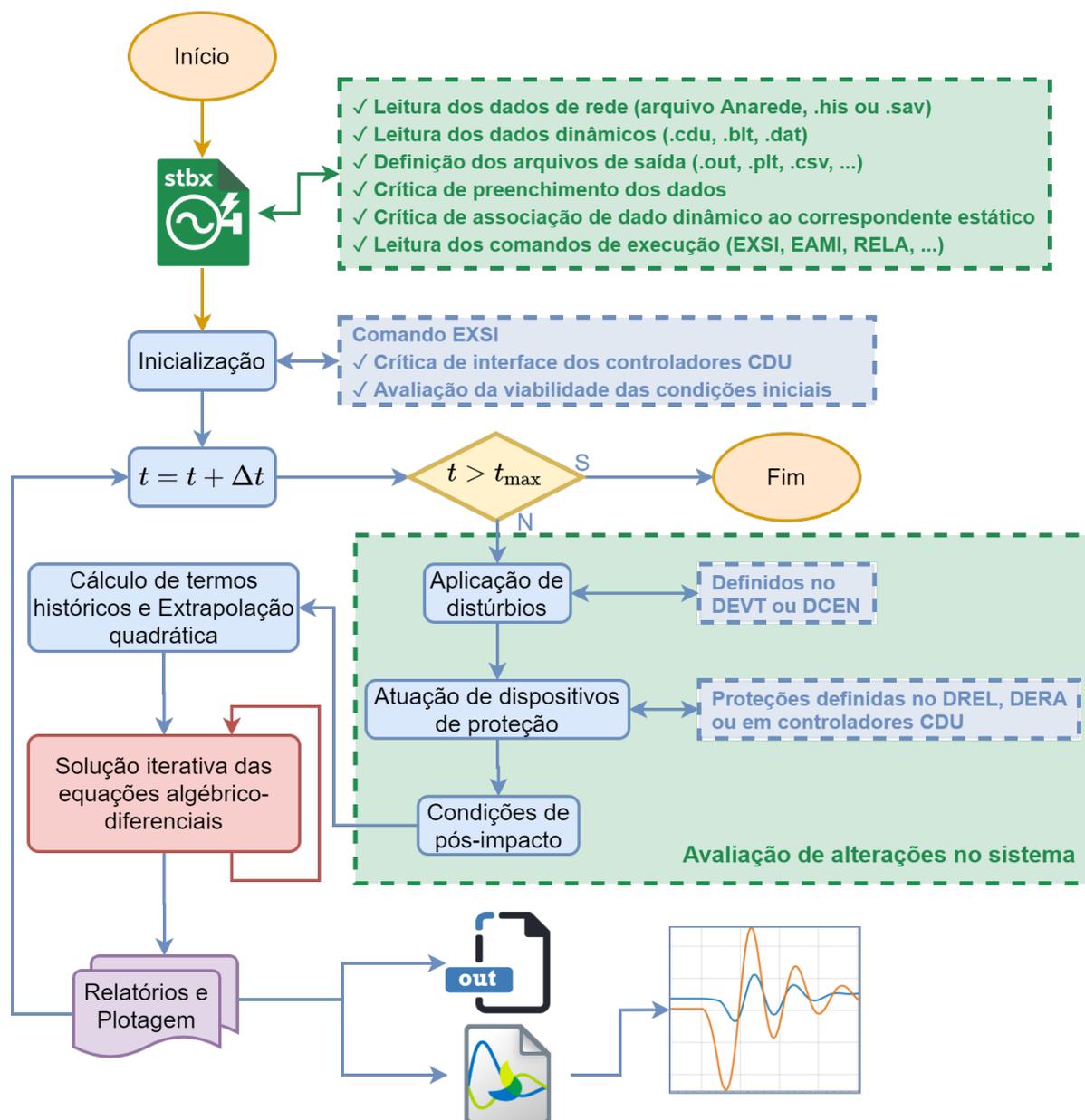


Fig. 39.2: Fluxograma da solução do problema de estabilidade eletromecânica no Anatem

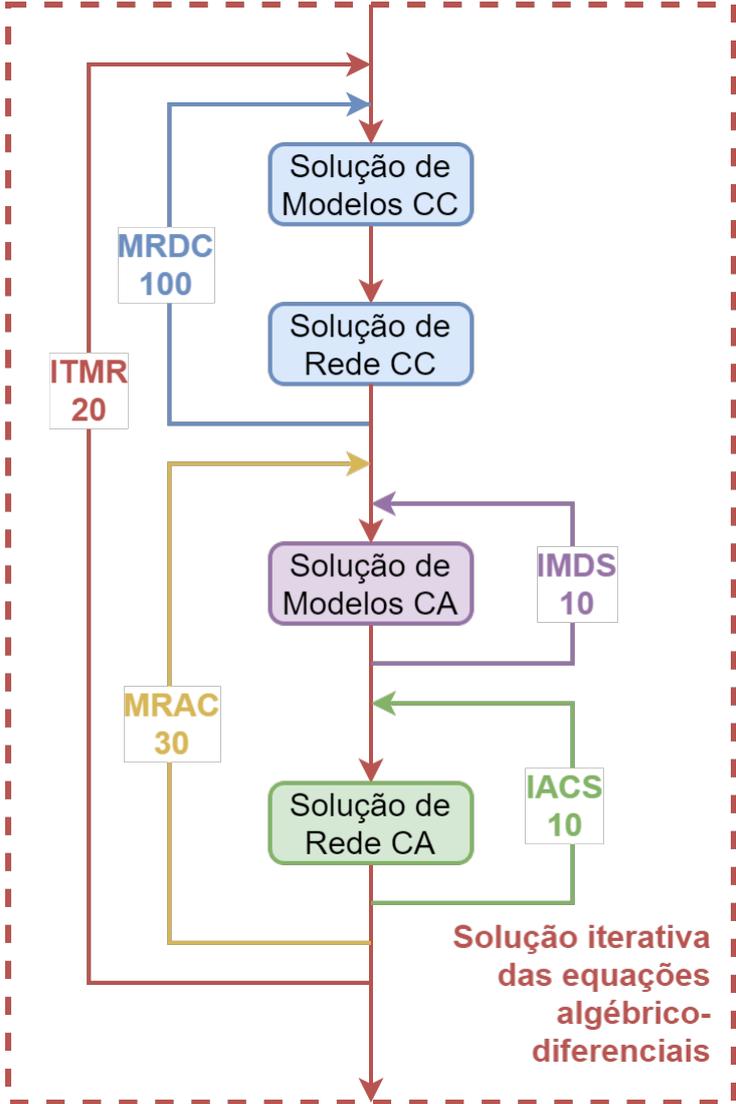


Fig. 39.3: Detalhamento da solução iterativa das equações algébrico-diferenciais

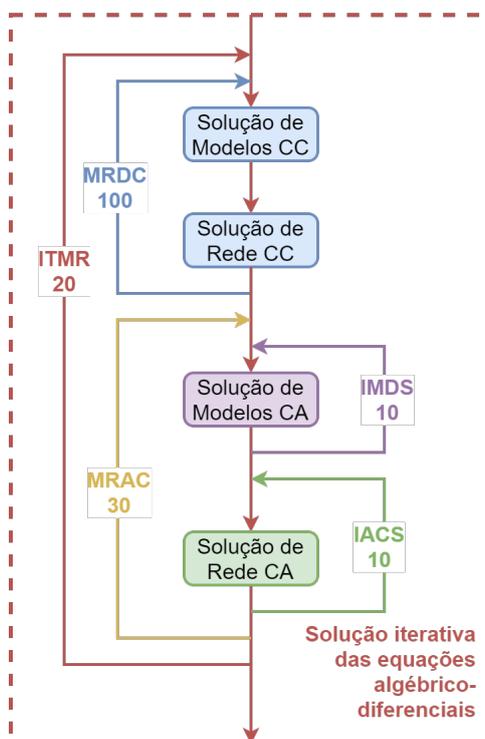


## Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho



Library with hanging bulbs - Janko Ferlic

O processo de solução utilizado no programa Anatem consiste em uma solução alternada entre os sistemas CC e CA, onde cada sistema terá inicialmente a solução dos modelos e em seguida da rede, conforme ilustrado na figura abaixo. Nas soluções de rede CA ou CC, a rede elétrica é representada pela matriz de admitâncias nodais e os elementos conectados à rede são representados por injeções de corrente.



O método de solução alternada dos sistemas CA e CC utilizado no Anatem proporciona precisão, robustez e prin-

principalmente uma grande eficiência computacional, tanto em relação à economia de memória como em relação a esforço computacional. O método de solução simultânea, baseado na aplicação do método de Newton-Raphson para todas as equações do sistema, por outro lado, embora apresente taxa de convergência quadrática próxima à solução e uma maior robustez quando próximo à solução, apresenta algumas características inferiores ao método alternado como a maior demanda de memória, maior esforço computacional e menor robustez de convergência quando distante da solução ou com chaveamentos em malhas de controle de modelos definidos pelo usuário.

Mesmo com ótimas características, o método de solução alternada pode apresentar problemas de não convergência durante a solução dos subsistemas de maneira não simultânea. Estes problemas podem ser decorrentes de diversos motivos, mas que, de forma geral, podem ser resolvidos, desde que sejam corretamente diagnosticados.

## 40.1 Antes de mais nada....

Na maioria dos casos, problemas de desempenho e de convergência podem ser solucionados com ajustes simples que pouco impactam na qualidade da resposta, ou pouco interferem no algoritmo de solução. Inicialmente, atente para os seguintes detalhes:

- **Passos de integração apropriados:** boa parte dos problemas de convergência são resolvidos com a utilização de passos de integração apropriados ao escopo da análise. Para sistemas de grande porte, com muitos equipamentos modelados, recomenda-se a utilização do passo de 1ms para simulações em geral. No caso de eventos próximos a transmissão de corrente contínua, esse passo de integração pode ser reduzido a 0.1ms, enquanto durar os eventos. Para os trechos finais da simulação (geralmente após pelo menos 5 segundos do último evento na rede), passos de 3ms apresentam resultados satisfatórios.
- **Modelagem incompleta de fontes de geração:** em cenários com alta penetração de energia eólica e solar, os modelos dinâmicos dessas fontes devem estar devidamente representados no caso. É possível que a sua representação como modelo ZIP (via código *DGER*) contribua para os problemas de convergência possíveis de serem observados.
- **Modelagem inapropriada da carga:** o modelo de carga a ser utilizado é um problema a parte que deve ser verificado com toda atenção. Frequentemente, o modelo para transitórios eletromecânicos de uma carga **não** é equivalente ao modelo estático utilizado nas análises de fluxo de potência. O modelo de Potência Constante, muito utilizado em modelos de fluxo de potência, não é apropriado para estudos de transitórios eletromecânicos, por exemplo. Idealmente, esses modelos devem ser levantados a partir da observação experimental da carga em função das condições operativas do sistema.
- **Parâmetro Vmin do modelo de carga:** Alteração do parâmetro original para um valor maior (ex. 0.8 pu) para conversão da carga em Z constante quando a tensão passa a ser muito baixa, evitando erros de convergência da rede CA. Esta não convergência da rede CA é indicada como erro no arquivo de saída (*OUT*). Isto ocorre pois a rede CA em colapso ou em defeito pode não ter capacidade de atendimento à carga e isto está associado a uma não solução matemática da rede CA (potência das cargas acima da margem de estabilidade de tensão do sistema).
- **Acerto nas constantes de convergência:** o Anatem utiliza como padrão constantes de convergência que se mostraram robustas ao longo de anos de estudos de transitórios eletromecânicos. Em alguns casos específicos, contudo, essas constantes podem ser alteradas para possibilitar a simulação de casos excepcionais, quando nenhuma outra alternativa tentada logrou resultado. Muitas vezes, essas alterações de constantes são carregadas nos arquivos de estabilidade do Anatem. **Verifique se existem dados personalizados de constantes de convergência no caso: frequentemente essas mudanças mais prejudicam que ajudam.**
- **Separação de eventos em instantes (passos de integração) distintos:** ao invés de aplicação de múltiplos eventos de forma simultânea, recomenda-se realizar a aplicação de defeitos em etapas.
- **Dados de falha de comutação por nível de tensão:** recomenda-se utilizar valores da ordem de 0.7 pu. Em redes com defeito, pode não haver solução matemática para a injeção transitória do elo, durante este período e, na prática, quando isto ocorresse provavelmente haveria a falha de comutação dos inversores. A não utilização deste critério pode levar à não convergência da rede CA. Normalmente esses dados já são fornecidos nos bancos de dados dinâmicos. Verifique se não estão comentados (removidos da simulação) indevidamente.

## 40.2 Problemas nos dados de rede elétrica

Alguns dos problemas de convergência são decorrentes das características da rede CA. Em geral, não é esperado que o usuário precise alterar dados da rede elétrica, a menos daqueles relativos ao objeto de estudo.

O problema do mal condicionamento é independente do modelo de carga e geração; a diferença é que modelos funcionais ou dinâmicos antecipam a ocorrência. Ao longo do processo iterativo, o erro numérico é acumulado em função da alta sensibilidade da solução do sistema linear e, eventualmente, essas barras escapam da região de convergência e demoram muitas iterações para retornarem.

O problema de convergência devido aos dados da rede elétrica podem ser observados por dois fatores:

- A simulação apresenta bom desempenho computacional, até que, a partir de determinado ponto arbitrário, o desempenho computacional fica severamente prejudicado, independente de qualquer evento ou ocorrência.
- O relatório de convergência *RCVT* aponta para uma rede CA que inicializa o processo iterativo com um *mismatch* baixo (em geral de  $10^{-4}$  a  $10^{-5}$ ), mas necessita de 10 ou mais iterações para convergir. Para um *mismatch* nessa ordem de grandeza, o esperado era a convergência em uma ou duas iterações.

Desta forma, é importante ficar atento para os seguintes pontos:

- **Relação X/R dos circuitos:** redes de transmissão possuem uma relação X/R elevada, muitas vezes a resistência do circuito é até desprezada. Em função dessa característica, os métodos numéricos utilizados para a solução do fluxo de potência fazem uso dessa característica para garantir a convergência com menos empenho computacional. É recomendado que, na modelagem da rede de distribuição para acoplamento a uma rede de transmissão, a relação X/R não deverá ser menor do que 10, mesmo que isso não seja a representação original da rede de distribuição. Note que, neste caso, a representação da rede de distribuição é simplificada.
- **Baixo valor para impedância de circuitos radiais:** a baixa impedância resulta numa alta sensibilidade da solução numérica (mal condicionamento do sistema linear), tornando o processo iterativo com convergência sublinear, em comparação à convergência quadrática esperada. Não utilize reatâncias inferiores a 0.01% em sistemas radiais e, preferencialmente, utilize valores superiores a 0.1% para reatância.

## 40.3 Problemas na modelagem de controladores CDU

Alguns dos problemas de convergência podem decorrer da modelagem inapropriada de controladores CDU. Estes problemas podem se manifestar de algumas formas:

- **Controles individualmente problemáticos:** em alguns casos, alguns controles, em si, apresentam problemas internos de convergência. Este fenômeno é geralmente evidenciado pelo uso da opção *ESTC* (estatística de convergência de CDUs) junto ao código *EXSI* (piores casos) ou ao código *RELA* (completo). Nesta situação, alguns controladores aparecerão no topo da lista com valores de convergência sensivelmente superiores aos demais, destacando-se. O índice de severidade, medido como a quantidade de desvios-padrões da média, também é um indicativo do quão complicado são aqueles controles dentro do conjunto de CDUs simulados.

O principal motivo pelo qual um CDU pode apresentar um problema de convergência interno está nos laços de realimentação com termos de transmissão direta. Isto significa, que em alguma medida, uma malha de controle apresenta entrada  $x(t)$  e saída  $y(x(t))$ , sendo que a sua entrada também acaba sendo uma função do valor da saída, ou  $x(y(t))$ . Quando a realimentação promove um ganho (em transmissão direta) menor do que 1, qualquer  $\Delta y_k$  encontrado na solução representará um  $\Delta x_{k+1} < \Delta y_k$ , que por sua vez implicará em uma reavaliação do novo valor da saída cuja variação deverá ser inferior ao  $\Delta y_{k+1}$  da iteração anterior (teorema dos pequenos ganhos).

Quando a condição anterior é observada, o sistema apresenta convergência em potencial. Contudo, em algumas realimentações, especialmente verificado em lógicas de proteção, verifica-se o uso de blocos lógicos que apresentam realimentação direta, sem atrasos (*DELAY*). Como a saída dessas malhas é sempre 1 ou 0, a hipótese do teorema dos pequenos ganhos não é verificada e a convergência numérica não é garantida.

Em algumas malhas com variáveis contínuas, o fenômeno também pode ocorrer. Em particular, frequentemente limites de alguma variável são função da própria variável de saída. Neste sentido, quando o limite cresce no mesmo sentido que a variável, existe uma realimentação negativa que pode ocasionar num problema de não-convergência. A recomendação, nestes casos, estaria em usar um bloco de atraso (*DELAY*) para remover a sensibilidade instantânea do limite.

O modelador deverá ter cuidado, portanto, ao realimentar malhas em laços onde existe termo de transmissão direta. O princípio do teorema dos pequenos ganhos, onde a realimentação precisa provocar ganhos decrescentes no processo iterativo, deve ser observado para uma garantia de solução no processo de convergência.

- **Controles em conflito com a rede:** outra possibilidade reside em modelos cuja convergência interna é rápida, mas sua saída é extremamente sensível a variáveis de entrada do problema. Geralmente isso decorre de não-linearidades que apresentam descontinuidades (intencionais ou acidentais), onde pequenas variações internas no modelo poderiam causar variações bruscas nas variáveis de saída, aumentando o erro dentro do processo de convergência. A detecção deste problema difere do anterior: neste caso, este problema se evidencia por meio de uma elevada taxa de iteração entre modelo-rede. Individualmente, o controle pode não prevalecer sobre os demais; contudo, ao analisar o relatório de convergência *RCVT*, será possível observar que o programa, quando alterna entre a solução do modelo para a rede, encontra um erro relativo alto, conforme o exemplo a seguir:

```

SOLUÇÃO CA DOS MODELOS
X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X
| Tempo MRAC IMDS Tipo Barra NEQP Erro Max Erro Max |
| (seg) CDU BLK REL ABS |
X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X
7.2960 20 2 CDU 1 100 0.4151E-01 0.6239E-05
7.2960 20 3 CDU 2 100 0.1215E-03 0.2460E-06
7.2960 20 4 CDU 3 101 0.3387E-06 0.6458E-06

SOLUÇÃO CA DA REDE
X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X
Tempo IACS Num Barra Nome Da Barra Erro Max
X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X
7.2960 1 1000 BARRA #1000 0.2155E+00
7.2960 2 1001 BARRA #1001 0.7042E-03
7.2960 3 1001 BARRA #1001 0.5459E-04
7.2960 4 1001 BARRA #1001 0.3599E-05
7.2960 5 1001 BARRA #1001 0.2611E-06

SOLUÇÃO CA DOS MODELOS
X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X
| Tempo MRAC IMDS Tipo Barra NEQP Erro Max Erro Max |
| (seg) CDU BLK REL ABS |
X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X-----X
7.2960 21 1 CDU 4 100 0.3775E+02 0.4839E-03
7.2960 21 2 CDU 4 100 0.2134E+00 0.4790E-05
7.2960 21 3 CDU 2 100 0.3600E-03 0.2843E-06
7.2960 21 4 CDU 5 102 0.3384E-05 0.1065E-05
7.2960 21 5 CDU 5 102 0.3384E-06 0.1065E-06

```

Fig. 40.1: Exemplo ilustrativo de um problema ocasionado por um controlador conectado a barra #1000. O controlador problemático em si não aparece na relação anterior.

No caso anterior, a barra #1000 apresenta problemas de convergência em função de um controlador conectado a um equipamento nesta barra, embora o controlador em si não figurasse na relação dos controladores com problema de convergência.

- **Problemas na importação do ângulo da barra:** outra possibilidade de erro de modelagem consiste na importação do ângulo da barra. No Anatem, o ângulo de uma barra é calculado em função da distância angular entre aquela barra e o centro de massa elétrico. Isto significa que, na ocorrência de uma descontinuidade do conjunto que forma o centro de massa elétrico (como o ilhamento), o ângulo variará instantaneamente. Malhas de controle que sejam sensíveis a frequência do sistema, e estejam usando essa variável de ângulo para estimar a frequência, avaliarão incorretamente o salto vetorial como sendo função de uma frequência elevada, o que não é verdade, incorrendo em uma resposta errada pelo controlador.

Além disso, a variável de ângulo é determinada pela abertura angular entre as componentes reais e imaginárias da tensão do barramento. Isto significa que a variável é limitada pela relação trigonométrica do arco-tangente da tensão. Assim, sinais de ângulo que estejam abrindo continuamente apresentarão descontinuidade para seu valor mínimo quando cruzarem o limite do domínio desta variável. Este salto no valor do

ângulo implica nas mesmas consequências matemáticas descritas no problema anterior.

É possível de se implementar corretamente a evolução do ângulo da barra por meio da lei dos cossenos. O Anatem, contudo, dispõe do *Bloco PHASE* para levar em consideração essas descontinuidades, apresentando um sinal de saída contínuo. Verifique a documentação do bloco para maiores informações.

## 40.4 Opções para Resolver o Problema de Convergência

Caso as observações anteriores não tenham sido suficientes para resolver os problemas de convergência, existem outras alternativas visando alteração no processo de solução iterativo por meio de algumas *Opções de Execução* (associadas ao código *EXSI*).

As seguintes Opções de Execução podem ser utilizadas (inclusive simultaneamente), seguindo a seguinte ordem de inserção recomendada:

- *DLCA*: adiciona um *DELAY* na saída de blocos de CDU com problemas de convergência. Pode ser utilizada quando existe um problema na solução de controladores de modelos CA. **Não possui efeito sobre a simulação caso não existam problemas** de convergência de blocos de CDU. Utilize o *Arquivo de Cache do recurso DLCA* para uma simulação com melhor desempenho.
- *SAD2*: desacopla a solução CC da solução CA *nos momentos em que se detecta um problema de convergência*, por *TSAD* segundos segundos de simulação (tipicamente 10 ms). Pode ser utilizada quando existe um problema na solução dos laços iterativos CA-CC. **Não possui efeito sobre a simulação caso não existam problemas** na solução do laço CA-CC.
- *DLCC*: desacopla os processos iterativos modelo CC e rede CC, pela inclusão de um atraso de um passo de integração no ângulo de disparo do controle a ser utilizado pelos conversores para solução da rede CC. Esta opção pode ser utilizada quando o pequeno erro entre o modelo CC e rede CC não permite a convergência conjunta entre os processos iterativos. Na utilização da opção *DLCC* é recomendável utilizar passos de integração reduzidos (0.2 ou 0.1 ms) para que a influência do atraso na dinâmica dos elos de corrente contínua seja desprezível. Deve-se também utilizar esta opção apenas em um curto período de tempo em que haja a necessidade, para evitar a utilização de passo de integração reduzido em toda a simulação.
- *FLXT*: durante a comutação para o método de Newton automaticamente, as tolerâncias de convergência do programa são flexibilizadas. As tolerâncias originais definidas pelo usuário são retornadas assim que o período de simulação do método de Newton automático terminar. É preferível que o usuário utilize essa opção a alterar manualmente as opções de simulação.
- *CILH*: permite a solução da rede CA na ocorrência de ilhamento, sem máquina síncrona de referência. Tradicionalmente, uma ilha elétrica sem referência é considerado um problema de mau-condicionamento. Esta opção tem efeito semelhante à adição de uma referência para terra por meio da adição de um *shunt* ao caso.
- *ILHA*: realiza o desligamento da ilha elétrica sem referência. É possível que, numericamente, o problema matemático não apresente solução mesmo com adição de uma referência para a terra, em função das injeções passivas do sistema. Caso a opção *CILH* não tenha resolvido o problema, utilize esta opção para desligar, até o final da simulação, a ilha elétrica.
- *NEWT*: tradicionalmente, o Anatem utiliza o método da injeção de corrente para resolução da rede CA. Em alguns casos, esse método pode apresentar problemas no processo de convergência, e nestes casos o método de Newton aumenta a convergibilidade do caso, em detrimento do desempenho computacional. **Não é necessário a aplicação explícita desse método**, o Anatem automaticamente habilita esse método quando

é verificado um insucesso do processo de convergência. Esse método permanece ativo por aproximadamente 100ms de simulação.

- **SADD**: desacopla a solução CC da solução CA. Pode ser utilizada quando existe um problema na solução dos laços iterativos CA-CC. Utilize a opção **SAD2** preferencialmente. Caso usada, essa opção deve ser usada com parcimônia, em trechos pequenos de simulação onde é verificado o problema de convergência.

A figura a seguir ilustra a lógica de atuação do **DLCA** em conjunto com o **SAD2** em um caso problemático:

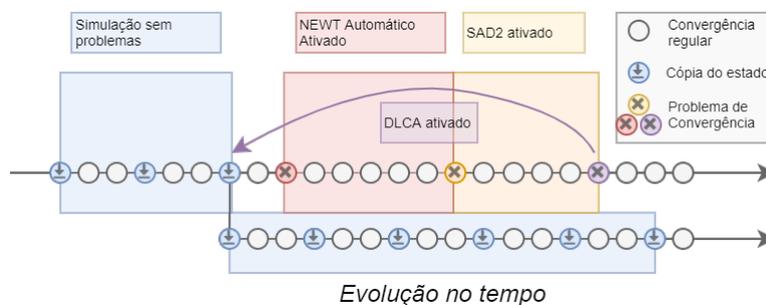


Fig. 40.2: Exemplo ilustrativo da atuação dos algoritmos **DLCA** e **SAD2** em um caso com problema de convergência

## 40.5 Opções para Melhoria de Desempenho

Outras Opções de Execução que podem ser utilizadas referentes ao desempenho computacional:

- **DNWT**: solução pelo método de Newton-Raphson “desonesto” (Dishonest Newton). É o método de Newton onde o Jacobiano é apenas atualizado na primeira iteração da solução de rede CA, no início do passo. Há ainda a alternativa de atualização de jacobiano com frequência especificada no código **DSIM**. A opção **DNWT**, principalmente com a utilização de atualizações menos frequentes, **pode ser mais eficiente computacionalmente que o método convencional e certamente é mais eficiente que o método de Newton**, embora necessite de mais iterações para alcançar a convergência. Caso existam problemas de convergência, o programa altera o método de solução para o método de Newton (**NEWT**) automaticamente.
- **ANWT**: solução pelo método de Newton-Raphson adaptativo (Adaptative Newton). É o método de Newton onde o Jacobiano é apenas atualizado quando a taxa de convergência da solução de rede CA é lenta (mais do que cinco iterações). É computacionalmente mais eficiente que o método **DNWT**, apesar de necessitar de mais iterações para alcançar a convergência. Pode ser mais eficiente que o método convencional do Anatem em alguns casos em que o número de soluções de rede CA seja elevado. Caso existam problemas de convergência, o programa altera o método de solução para o método de Newton (**NEWT**) automaticamente.
- **OTMX**: a flexibilidade proporcionada pelos **CDUs** também permite que controladores sejam modelados de forma não ótima. Em muitos casos, malhas de controle são modeladas, apesar de não serem utilizadas pelo controlador (geralmente, malhas de controle alternativas desativadas por algum parâmetro). Esta ativa um recurso do programa em varrer os **CDUs** definidos e elimina da simulação aqueles blocos que não são capazes de alterar a resposta dinâmica do controle.

Caso / Modo	Sem OTMX	Com OTMX
A	06:36.13	06:30.13
B	17:36.53	15:34.92

- **SAD3**: desacopla a solução CC da solução CA normalmente, realizando um laço de acoplamento entre essas soluções a cada **TSAD** segundos de simulação (tipicamente 10 ms). Esta opção traz ganhos quando o número de iterações CA-CC é muito alto.

Caso / Modo	Sem SAD3	Com SAD3
<b>A</b>	04:59.80	03:24.65
<b>B</b>	20:20.54	07:16.29

- **FLX2**: permite que as tolerâncias de convergência **TETE**, **TEMD** e **TABS** sejam flexibilizadas durante a simulação a cada **FFLX** passos de simulação, realizando um passo de simulação com as tolerâncias originais a cada ciclo. Com essa opção, as constantes passam a assumir valores dez vezes o superior àquelas definidas anteriormente. Esta opção permite que o *Anatem* consiga realizar mais rapidamente a simulação, com um pequeno erro controlado inserido na simulação.
- **SPMD**: permite a resolução em paralelo dos modelos CA e dos modelos CC. Em geral, é desaconselhável o uso explícito dessa opção. Utilize o atalho F5 da interface gráfica para executar a simulação com paralelismo ligado, ou então o argumento -n X no modo shell.

Caso / Modo	Sem SPMD	Com SPMD
<b>A</b>	04:12.95	02:17.00
<b>B</b>	07:29.86	03:23.42

- Código **CCDU**: alguns modelos de eólica e fotovoltaicas apresentação modelagem de um parque em duas estruturas diferentes (**DFNT** e **DCNE**). Em função da ordem de solução dos modelos *Anatem*, é possível que a ordenação dos modelos não seja ótima para o processo de convergência. Utilize este código para alterar a ordem de solução de modelos onde exista comunicação direta entre modelos **DCNE** e **DFNT**, colocando os modelos de **DCNE** para serem resolvidos antes.

Caso / Modo	Sem CCDU	Com CCDU
<b>A</b>	13:08.44	07:29.84

A Fig. 40.3 ilustra a atuação das opções **DLCC**, **SADD**, **SAD2** e **SAD3** sobre o processo de solução.

## 40.6 Exemplo de Trechos de Simulação Recomendados

Abaixo são dados os parâmetros recomendados para simulações com eventos provocados ocorrendo em até 0,2 s envolvendo elos de corrente contínua. Neste conjunto foi utilizado um passo razoavelmente reduzido para o início em conjunto com as opções **SAD2** e **DLCC**, trazendo grande robustez ao processo de solução sem perda de precisão.

Listagem 40.1: Exemplo de simulação com parâmetros recomendados para simulações com eventos provocados ocorrendo entre 0.2 e 0.5s envolvendo elos de corrente contínua

```

1 DSIM
2 ( Tmax ) ( Stp ) ( P ) ( I ) ( F )
3 0.19 .001 1 11
4 (
5 EXSI DLCA OTMX
6 (
7 DSIM
8 ( Tmax ) ( Stp ) ( P ) ( I )
9 0.50 .0001 25
10 (
11 EXSI DLCC DLCA SAD2

```

(continua na próxima página)

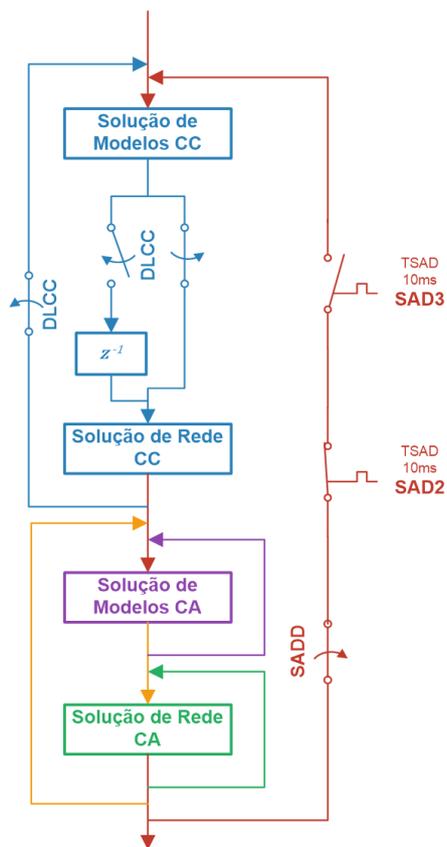


Fig. 40.3: Detalhamento dos efeitos das opções *DLCC*, *SADD*, *SAD2* e *SAD3* sobre o processo de solução.

(continuação da página anterior)

```

12 (
13 DSIM
14 ( Tmax ) (Stp) ( P ) ( I )
15     1. .0005 5
16 (
17 EXSI DLCC DLCA SAD2
18 (
19 DSIM
20 ( Tmax ) (Stp) ( P ) ( I )
21     1. .001 5
22 (
23 EXSI DLCA
    
```

No caso de eventos provocados ocorrendo em pontos com certa distância dos elos de corrente contínua, pode-se utilizar valores menos rígidos, como por exemplo:

Listagem 40.2: Exemplo de simulação com eventos provocados ocorrendo entre 0.2 e 0.5s em pontos com certa distância dos elos de corrente contínua

```

1 DSIM
2 ( Tmax ) (Stp) ( P ) ( I )
3
4     0.19 .001 1 11
5 (
6 EXSI DLCA SAD2 OTMX
    
```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```
7 (
8 DSIM
9 ( Tmax ) ( Stp ) ( P ) ( I )
10 0.50 .0001 25
11 (
12 EXSI DLCC DLCA SAD2
13 (
14 DSIM
15 ( Tmax ) ( Stp ) ( P ) ( I )
16 1. .001 5
17 (
18 EXSI SAD2
```

Recomenda-se fazer uma avaliação prévia de uma simulação com os parâmetros mais rígidos do primeiro conjunto e, caso a resposta seja equivalente ao do segundo conjunto, pode-se utilizar este último para as simulações de todas as contingências na região de interesse do teste.

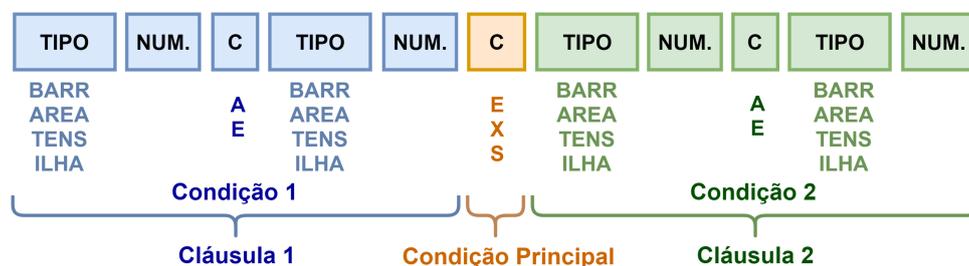


## Linguagem de Seleção



Library with hanging bulbs - Janko Ferlic

Os códigos *DCAR*, *DCEN*, *DERA*, *DLMQ* e *AGMQ* têm em comum uma linguagem de seleção de barras CA extremamente flexível. Esta entrada apresenta uma visão esquemática desta linguagem.



Em geral, o trecho da régua correspondente à linguagem de seleção aparece no seguinte formato em cada código de execução que a utiliza:

Listagem 41.1: Exemplo de régua do código DCAR para ilustração da linguagem de seleção

```
1 (=====
2 ( ALTERACAO DE CARGAS FUNCIONAIS
3 (=====
4 DCAR
5 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) (A) (B) (C) (D) (Vmn)
6 BARR      1 A BARR  9998      100  0  0 100
7 999999
```

## 41.1 Utilização

<b>tp</b>	Primeiro campo <b>TIPO</b> para definição da <b>condição 1</b> . Esse campo define se a seleção será por barra CA, área, nível de tensão ou por ilha elétrica. Consulte <a href="#">aqui</a> o preenchimento deste campo.
<b>no</b>	Identificador para seleção de elementos do primeiro campo <b>TIPO</b> da condição 1.
<b>C</b>	Condição 1 para definição do conjunto de elementos. Campo opcional. Se não for realizado o preenchimento deste campo, a primeira cláusula fará seleção apenas dos elementos compatíveis com o primeiro campo TIPO da condição 1 O preenchimento deste campo deve ser realizado conforme a seguir: <ul style="list-style-type: none"> <li><b>A</b> - Especifica um intervalo</li> <li><b>E</b> - Especifica uma união</li> </ul>
<i>tp</i>	Segundo campo <b>TIPO</b> para definição da condição 1. Campo opcional. Esse campo define se a seleção será por barra CA, área, nível de tensão ou por ilha elétrica. Consulte <a href="#">aqui</a> o preenchimento deste campo.
<i>no</i>	Identificador para seleção de elementos do segundo campo <b>TIPO</b> da condição 1
<b>C</b>	Condição principal (campo opcional) para definição de elementos entre as condições 1 e 2. O preenchimento deste campo deve ser realizado conforme a seguir: <ul style="list-style-type: none"> <li><b>E</b> - Indica a união dos conjuntos definidos pelas cláusulas 1 e 2</li> <li><b>X</b> - Indica a diferença entre os conjuntos definidos pelas cláusulas 1 e 2</li> <li><b>S</b> - Indica a interseção entre os conjuntos definidos pelas cláusulas 1 e 2</li> </ul>
<i>tp</i>	Primeiro campo <b>TIPO</b> para definição da condição 2. Esse campo define se a seleção será por barra CA, área, nível de tensão ou por ilha elétrica. Consulte <a href="#">aqui</a> o preenchimento deste campo.
<i>no</i>	Identificador para seleção de elementos do primeiro campo <b>TIPO</b> da condição 2.
<b>C</b>	Condição 2 para definição do conjunto de elementos. Campo opcional. Se não for realizado o preenchimento deste campo, a primeira cláusula da condição 2 fará seleção apenas dos elementos compatíveis com o primeiro campo TIPO da condição 2 O preenchimento deste campo deve ser realizado conforme a seguir: <ul style="list-style-type: none"> <li><b>A</b> - Especifica um intervalo</li> <li><b>E</b> - Especifica uma união</li> </ul>
<i>tp</i>	Segundo campo <b>TIPO</b> para definição da condição 2. Campo opcional. Esse campo define se a seleção será por barra CA, área, nível de tensão ou por ilha elétrica. Consulte <a href="#">aqui</a> o preenchimento deste campo.
<i>no</i>	Identificador para seleção de elementos do segundo campo <b>TIPO</b> da condição 2

## 41.2 Tipo de Seleção

Para o preenchimento do campo **TIPO**, os seguintes identificadores estão disponíveis para seleção dos equipamentos do conjunto:

### BARR

#### Seleção de conjunto por identificação de número de barra CA.

A seguir é apresentado um exemplo de seleção por barra CA utilizando somente a condição 1. Neste caso há definição de modelo de carga funcional para o conjunto de barras CA com numeração entre 1 e 9998.

```

1 (=====
2 ( ALTERACAO DE CARGAS FUNCIONAIS
3 (=====
4 DCAR
5 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) (A) (B) (C) (D) (Vmn)
6 BARR      1 A BARR  9998                100  0  0 100
7 999999

```

### AREA

#### Seleção dos equipamentos por área.

A seguir é apresentado um exemplo de seleção por área utilizando apenas o primeiro tipo da condição 1. Neste caso há definição de modelo de carga funcional para o conjunto de barras CA presentes na área 1.

```

1 (=====
2 ( ALTERACAO DE CARGAS FUNCIONAIS
3 (=====
4 DCAR
5 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) (A) (B) (C) (D) (Vmn)
6 AREA      1                100  0  0 100
7 999999

```

### TENS

#### Seleção de conjunto de equipamentos por identificação de nível de tensão.

A seguir é apresentado um exemplo de seleção por nível de tensão e por área utilizando as condições 1 e 2 e a condição principal. Neste caso há definição de modelo de carga funcional para o conjunto de barras CA cujo grupo base de tensão esteja entre 230 kV e 500 kV, exceto para as barras da área 1 e da área 5.

```

1 (=====
2 ( ALTERACAO DE CARGAS FUNCIONAIS
3 (=====
4 DCAR
5 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) (A) (B) (C) (D) (Vmn)
6 TENS  230 A TENS 500 X AREA  1 E AREA  5  100  0  0 100
7 999999

```

### ILHA

#### Seleção de conjunto de equipamentos pertencentes a ILHA elétrica da barra CA informada no campo “no”.

A seguir é apresentado um exemplo de seleção por ILHA utilizando apenas a condição 1. Neste caso há definição de modelo de carga funcional para o conjunto de barras CA presentes na ILHA elétrica da barra 1 até a ILHA elétrica da barra 5000.

**Atenção:**

- Quando utiliza-se a condição de união (A), todas as barras presentes nas ilhas da barra 1 até a barra 5000 terão a sua ILHA adicionada à seleção.
- Ao utilizar a condição de intervalo (E), somente a ILHA da barra 1 e a ILHA da barra 5000 serão adicionadas à seleção.

```

1 (=====
2 ( ALTERACAO DE CARGAS FUNCIONAIS
3 (=====
4 DCAR
5 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) (A) (B) (C) (D) (Vmn)
6 ILHA 1 A ILHA 5000 100 0 0 100
7 999999
    
```

### 41.3 Regras de Seleção

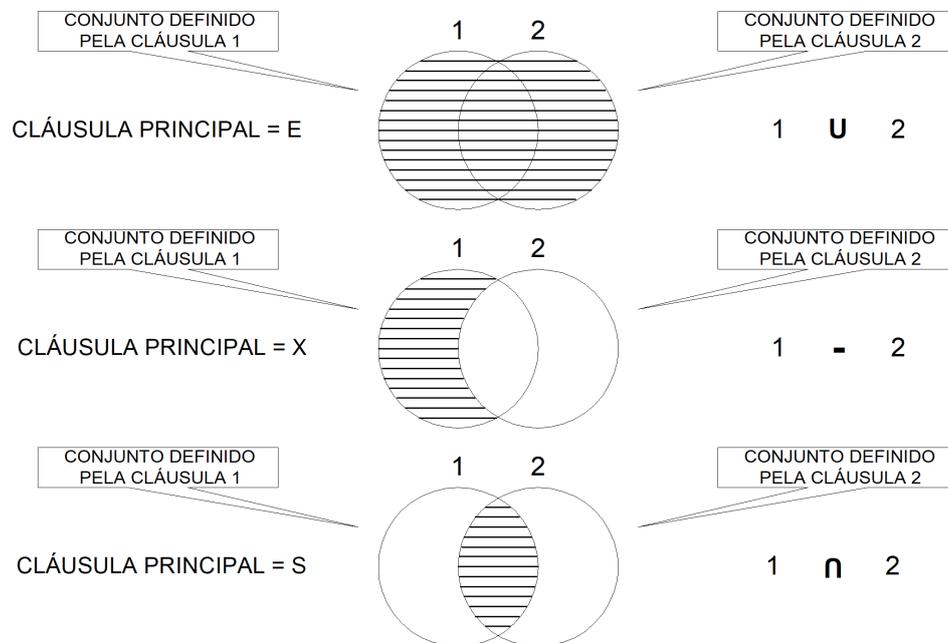
A seguir é apresentado um diagrama esquemático para ilustração da definição dos conjuntos selecionados com base nas condições 1 e 2 e na condição principal.

**CONDIÇÕES 1 E 2**

- A - ESPECIFICA UM INTERVALO
- E - ESPECIFICA UMA UNIÃO

**CONDIÇÃO PRINCIPAL**

- E - INDICA A UNIÃO DOS CONJUNTOS DEFINIDOS PELAS CLÁUSULAS 1 E 2
- X - INDICA A DIFERENÇA ENTRE OS CONJUNTOS DEFINIDOS PELAS CLÁUSULAS 1 E 2
- S - INDICA A INTERSEÇÃO ENTRE OS CONJUNTOS DEFINIDOS PELAS CLÁUSULAS 1 E 2





## Obtenção de Parâmetros da Curva de Saturação para Entrada de Dados no Anatem



Itaipu Dam, Paraguay/Brazil - IHA

O *Anatem* dispõe de quatro modelos de curvas predefinidos, por meio dos quais é possível modelar o efeito da saturação através de parâmetros a serem fornecidos pelo usuário, via código *DCST* e, posteriormente, relacionando-a à máquina em questão.

A curva de saturação de uma máquina síncrona pode ser representada por meio de funções por partes ou funções polinomiais. No caso do *Anatem*, para a curva *modelo tipo 2*, é utilizada a representação do Paul Anderson<sup>1</sup>, função por partes, onde a função de saturação é dividida em duas funções, sendo a primeira linear e a segunda exponencial. Prabha Kundur<sup>2</sup> apresenta outra formulação por partes, onde existe uma terceira parte exponencial.

---

**Nota:** O *modelo tipo 2* é o normalmente utilizado para a representação da saturação nas máquinas síncronas.

---

A curva do *modelo tipo 2* do *Anatem* presume a entrada de três parâmetros (A, B, C). Os seguintes valores para esses parâmetros são tipicamente encontrados para o *modelo tipo 2*:

$$\begin{aligned} A &< 0,1 \\ 5 &< B < 10 \\ C &= 0,8 \end{aligned}$$

<sup>1</sup> Paul M Anderson and Aziz A Fouad. *Power system control and stability*. John Wiley & Sons, 2008.

<sup>2</sup> Prabha Kundur, Neal J Balu, and Mark G Lauby. *Power system stability and control*. Volume 7. McGraw-hill New York, 1994.

## 42.1 Obtenção dos parâmetros a partir das curvas de tensão terminal graficamente pela diferença visual na tensão

Uma curva de saturação típica pode ser encontrada na figura abaixo:

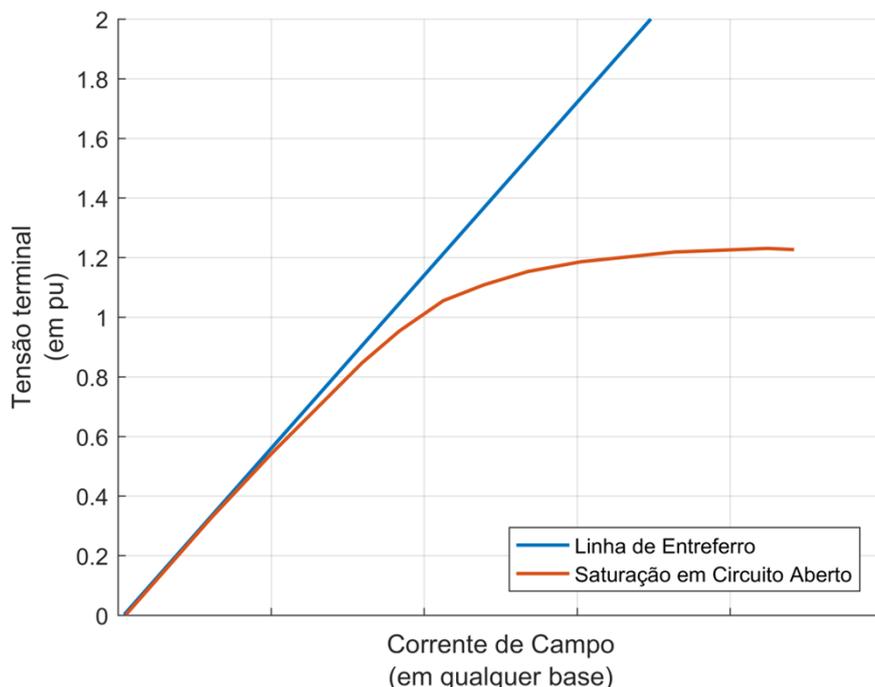


Fig. 42.1: Exemplo de curva de saturação informada pelo fabricante

A parte exponencial do *modelo tipo 2* da curva de saturação do Anatem pode ser definida pelas seguintes expressões:

$$S(V_{sat}) = A \cdot e^{B \cdot (V_{sat} - C)} \quad (42.1)$$

$$S(V_{sat}) = V_{gap} - V_{sat} \quad (42.2)$$

Sendo:

$V_{gap}$	Tensão na linha de entreferro
$V_{sat}$	Tensão no circuito aberto com saturação

O parâmetro  $C$  é utilizado para identificar o ponto de ruptura entre o modelo linear e o modelo exponencial. Normalmente, utiliza-se o valor de 0,8 para este parâmetro. Restam, portanto, dois parâmetros a serem definidos ( $A$  e  $B$ ). Como a função exponencial é uma função monótona, dois pontos definem uma função exponencial que depende de dois parâmetros. Sendo assim, é preciso adquirir do gráfico da saturação da máquina dois pontos (sob a região exponencial).

Definimos as seguintes variáveis:

$I_{f1}$	Corrente necessária para se obter 1,0 pu de tensão na linha do entreferro
$I_{f2}$	Corrente necessária para se obter 1,0 pu de tensão no circuito aberto com saturação
$I_{f3}$	Corrente necessária para se obter 1,2 pu de tensão no circuito aberto com saturação

As correntes  $I_{f2}$  e  $I_{f3}$  podem estar definidas para quaisquer outros valores de tensão, mas usualmente esses são valores utilizados. A base dessas correntes é indiferente ao processo. Definindo essas correntes, calculamos  $S(1,0)$  e  $S(1,2)$  a partir dos valores das curvas no gráfico. A figura seguinte ilustra esse processo:

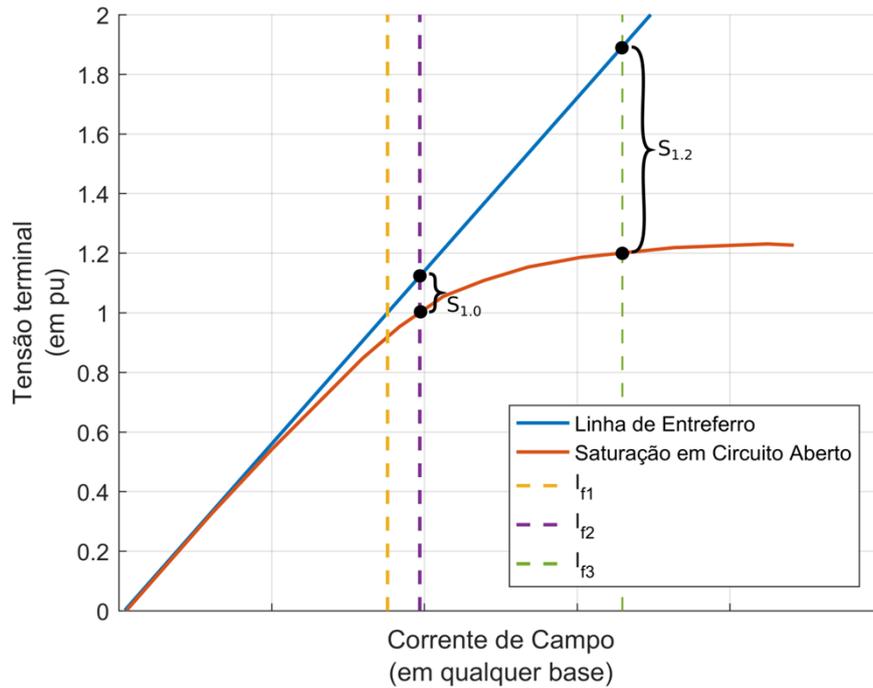


Fig. 42.2: Obtenção dos parâmetros para curva de saturação exponencial

Para as curvas utilizadas, as tensões na linha do entreferro para a corrente  $I_{f2}$  é de 1,125 pu, enquanto que para a corrente  $I_{f3}$  é de 1,89 pu. Tais informações foram obtidas diretamente do gráfico. Assim:

$$S(1,0) = 1,125 - 1,0 = 0,125$$

$$S(1,2) = 1,890 - 1,2 = 0,690$$

Sendo  $S_1$  e  $S_2$  dois pontos quaisquer da parte exponencial da curva, os parâmetros A e B podem ser encontrados a partir da relação desses dois pontos regidos pela equação (42.1):

$$B = \frac{\ln\left(\frac{S_1}{S_2}\right)}{V_1 - V_2} \quad (42.3)$$

$$A = \frac{S_1}{e^{B(V_1 - C)}} \quad (42.4)$$

Calcula-se, então:

$$B = \frac{\ln\left(\frac{0,125}{0,690}\right)}{1,0 - 1,2} \approx 8,542$$

$$A = \frac{0,125}{e^{8,542(1,0-0,8)}} \approx 0,023$$

No Anatem, esses parâmetros calculados seriam informados como no excerto abaixo:

Listagem 42.1: Excerto de DCST referente ao caso 1

1	DCST				
2	(Nc)	T	( P1 )	( P2 )	( P3 )
3	(		A	B	C
4	01	2	0.023	8.542	0.8
5	999999				

## 42.2 Obtenção dos parâmetros a partir das curvas de tensão terminal pelas correntes $I_{fn}$

Alternativamente, sabendo que a relação entre a tensão na linha do entreferro e a corrente de campo é linear, também seria possível estimar o valor da tensão no entreferro a partir do cálculo da inclinação da reta, pela corrente  $I_{f1}$ . Supondo que as correntes  $I_{f1} = 17,60 A$ ,  $I_{f2} = 19,70 A$  e  $I_{f3} = 32,92 A$  são conhecidas e referentes às curvas da seção anterior, a equação (42.2) pode ser reescrita da seguinte maneira:

$$S(V_{sat}(I_{fd})) = V_{gap} - V_{sat} = \frac{I_{fd}}{I_{f1}} - V_{sat}(I_{fd})$$

Sendo  $V_{sat}(I_{fd})$  a tensão obtida, para uma dada corrente de campo, pela curva de saturação em circuito aberto. Como as correntes  $I_{f2}$  e  $I_{f3}$  se referem às tensões de 1,0 e 1,2 pu, respectivamente, têm-se que:

$$S(V_{sat}(I_{f2})) = \frac{19,70}{17,60} - 1,0 \approx 0,120$$

$$S(V_{sat}(I_{f3})) = \frac{32,92}{17,60} - 1,2 \approx 0,670$$

As equações (42.3) e (42.4) fornecem então os seguintes valores para os parâmetros A e B:

$$B = \frac{\ln\left(\frac{0,120}{0,670}\right)}{1,0 - 1,2} \approx 8,60$$

$$A = \frac{0,125}{e^{8,542(1,0-0,8)}} \approx 0,021$$

No Anatem, esses parâmetros calculados seriam informados como no excerto abaixo:

Listagem 42.2: Excerto de DCST referente ao caso 2

```

1 DCST
2 (Nc) T ( P1 ) ( P2 ) ( P3 )
3 ( A B C
4 02 2 0.021 8.60 0.8
5 999999

```

Observe que as diferenças entre os parâmetros encontrados nos *caso 1* e *caso 2* são decorrentes da imprecisão inerente à aquisição por inspeção de dados de um gráfico. Funções logarítmicas e exponenciais também são fonte de imprecisões em função da alta sensibilidade numérica decorrente de arredondamentos praticados.

## 42.3 Obtenção dos parâmetros a partir de dados tabelados

Outra possibilidade para a obtenção dos parâmetros da curva de saturação no Anatem reside na situação em que os dados da curva de saturação são dados na forma de tabela, como a informada a seguir:

Tabela 42.1: Tabela de diferentes valores da curva de saturação informadas pelo fabricante

Tensão Terminal		L.E.		C.S. VAZIO	
Vt (kV)	Vt (pu)	lfd (pu)	lfd (A)	lfd (pu)	lfd (A)
0	0	0	0	0	0
11.5	0.5	0.30572	350.0249	0.30787	352.4865
13.8	0.6	0.36686	420.0254	0.37147	425.3034
16.1	0.7	0.428	490.0258	0.4379	501.3605
18.4	0.8	0.48915	560.0376	0.5104	584.3672
20.7	0.9	0.55029	630.038	0.59592	682.2807
23	<b>1</b>	<b>0.61143</b>	<b>700.0384</b>	<b>0.7094</b>	<b>812.2062</b>
25.3	1.1	0.67258	770.0503	0.8829	1010.85
27.6	1.2	0.73372	840.0507	<b>1.1853</b>	<b>1357.074</b>
29.9	1.3	0.79486	910.0511	1.7643	2019.982
32.2	1.4	0.85601	980.063	2.9372	3362.859
34.5	1.5	0.91715	1050.063	5.3851	6165.509

Os dados apresentados podem estar tanto em pu (em relação a alguma base) quanto em suas grandezas originais. Para a tensão, é importante que seja utilizado o valor da tensão em pu na base de tensão da máquina. Para a corrente, é indiferente se será utilizado em pu ou em Ampères. Assim, o procedimento de cálculo é semelhante ao realizado na seção anterior:

$$S(V_{sat}(I_{f2})) = \frac{812,2062}{700,0384} - 1,0 = \frac{0,70940}{0,61143} - 1,0 \approx 0,16$$

$$S(V_{sat}(I_{f3})) = \frac{1357,0740}{700,0384} - 1,2 = \frac{1,18530}{0,61143} - 1,2 \approx 0,74$$

Portanto:

$$B = \frac{\ln\left(\frac{0,16}{0,74}\right)}{1,0 - 1,2} \approx 7,66$$

$$A = \frac{0,16}{e^{7,66(1,0-0,8)}} \approx 0,035$$

Desta forma, no Anatem esses parâmetros calculados seriam informados como no excerto abaixo:

Listagem 42.3: Excerto de DCST referente ao caso 3

```

1 DCST
2 (Nc) T ( P1 ) ( P2 ) ( P3 )
3 ( A B C
4 3 2 0.035 7.66 0.8
5 999999

```



## Capacidade do Programa



Library with hanging bulbs - Janko Ferlic

A versão padrão do programa está disponível com a seguinte capacidade:

Tabela 43.1: Capacidade do programa *Anatem*

Descrição	Número de Elementos
Barras CA	20000
Barras com geração	6000
Barras com controle remoto	1000
Barras com frequência monitorada	1500
Barras retidas + fronteiras (equivalentes estáticos)	5000
Circuitos CA	40000
Linhas CA com Shunt	4000
Transformadores	16000
Transformadores defasadores	3000
Shunts	8000
Grupos de máquinas de indução	2000
Grupos de cargas dinâmicas	200
Áreas elétricas	200
Ilhas elétricas	100
Grupos de máquinas síncronas	6600
Modelos predefinidos de gerador	5280
Modelos predefinidos de regulador de tensão	3960
Modelos predefinidos de regulador de velocidade	3300
Modelos predefinidos de estabilizador em regulador de tensão	1320
Modelos predefinidos de curvas de saturação	7920
Barras infinitas	330
Elos CC	108
Barras CC	648
Linhas CC	216

continua na próxima página

Tabela 43.1 – continuação da página anterior

Descrição	Número de Elementos
Conversores CA-CC	432
Barras de interface CA-CC	216
Modelos predefinidos de elo CC	216
Modelos predefinidos de controle de conversor CC	216
Grupos de compensadores estáticos (SVC)	400
Modelos predefinidos de SVC	400
Modelos predefinidos de estabilizador em SVC	240
Compensadores série controláveis (CSC)	400
Modelos predefinidos de CSC	400
Modelos predefinidos de estabilizador em CSC	200
Transformadores c/ controle de tap/defas. modelado	4800
Modelos predefinidos de OLTC	3200
Modelos de controladores definidos pelo usuário ( CDU )	3500
Blocos de CDU	525000
Blocos de entrada de CDU (ENTRAD/IMPORT)	131250
Blocos de saída de CDU (SAIDA/EXPORT)	131250
Coefficientes de funções de transf. de blocos tipo POL(S)	26250
Entradas de blocos de CDU	840000
Variáveis de CDU	577500
Variáveis de CDU a extrapolar	52500
Variáveis de estado de CDU	105000
Parâmetros de CDU (DEFPAR)	262500
Definições de valor inicial de variáveis de CDU (DEFVAL)	131250
Pontos para blocos tipo FUNCAO subtipo PONTOS	100000
Locais remotos p/ CDU	52500
Esquema regional de alívio de carga (ERAC)	100
Estágios de ERAC	500
Barras de ERAC	30000
Relés de subfrequência p/ deslig. de carga (MOD. 1)	500
Relés de subtensão p/ deslig. de carga (MOD. 3)	500
Relés de impedância p/ deslig. de circuito (MOD. 4)	8000
Relés de impedância p/ deslig. de circuito (MOD. 9)	500
Relés de sobrecorrente p/ deslig. de circuito (MOD. 2)	500
Relés de sobretensão p/ deslig. de circuito (MOD. 6)	1500
Relés de subtensão p/ deslig. de circuito (MOD.10)	100
Relés de impedância p/ detecção de perda de sinc.(MOD. 5)	50
Relés de sobretensão p/ deslig. de capacitor (MOD. 7)	500
Relés de subtensão p/ deslig. de reator (MOD. 8)	500
Relés de sobrefrequência p/ deslig. de geração (MOD.11)	500
Relés de sub/sobrefreq. p/ deslig. de geração (MOD.14)	500
Relés de subtensão p/ deslig. de maq. indução (MOD.12)	500
Relés de subfrequência p/ deslig. de mot.indução (MOD.13)	500
Relés de sub/sobrefreq. p/ deslig. gerador ind. conv.(MOD.15)	500
Relés de sub/sobrefreq. p/ deslig. gerador ind. DFIM (MOD.16)	500
Relés de subfrequência p/ deslig. de capacitor (MOD.17)	500
Relés de imped. lentic. p/ detecção de perda de sinc.(MOD.18)	50
Mudanças de cenário	100
Referências para mudança de cenário	6000
Eventos preprogramados	6600
Barras em curto circuito	500
Linhas em curto circuito	10
Linhas abertas em uma das extremidades	100
Variáveis a Plotar	13200

continua na próxima página

Tabela 43.1 – continuação da página anterior

Descrição	Número de Elementos
Casos gravados no arquivo histórico de fluxo de potencia	99
Controles Não Específicos	500
Grupos de máquinas de indução duplamente alimentadas	1000
Grupos de máquinas síncronas eólicas	1000
Controles Automáticos de Geração (CAG)	100
Controles Centralizados de Tensão (CCT)	100
Equipamentos FACTS VSI	12
Conversores VSI	48
Fontes shunt controladas	600
Áreas para cálculo de fluxo líquido de intercambio	100
Circuitos para cálculo de fluxo líquido de intercambio de área	5000
Blocos de CDU dos tipos DISMAX ou DISMIN	10500
Blocos de CDU do tipo ATRASO	2625
Blocos de CDU do tipo ALERTA	2625
Topologias de CDU definidas pelo usuário	-
Número de mensagens definidas pelo usuário (DMSG)	10000



## Frequently Asked Questions (FAQ)



Designed by pch.vector / Freepik

Nesta página, estão listadas as principais dúvidas dos usuários do Anatem. Esta página é atualizada conforme novas perguntas vão sendo realizadas.

**Q. Fiz o download da base de dados no site do ONS e nos arquivos do Anatem consta que os dados estão em uma versão mais recente do programa do que a que tenho. Terei problemas para fazer simulações?**

A. O banco de dados do ONS pode apresentar estruturas que não estão disponíveis em versões anteriores a informada. Desta forma, a atualização do Anatem é imperativa para o uso mais recente do banco de dados. A atualização do programa é recomendada também por outros motivos, como a correção de eventuais bugs, novas opções de execução, novos equipamentos modelados e compatibilização com a versão mais recente do Anarede.

**Q. Estou realizando uma simulação e aparece o erro CHKINT-120 (Ilha elétrica sem geração). Como posso proceder?**

A. É comum que em simulações, durante a abertura de um circuito, que um pedaço do sistema fique ilhado do restante. Nessas condições, o Anatem presume que a ilha formada possui ao menos um gerador, que servirá de referência angular para a ilha. Caso isso não seja verdade, o erro CHKINT-120 aparecerá. Esse erro pode ser resolvido de duas maneiras: com o uso da opção *CILH* junto do código *EXSI* para desligar ilhas elétricas sem geração ou pelo aterramento manual por evento como *MDSH* de qualquer amplitude em uma das barras da ilha elétrica.

**Ver também:**

Para mais informações, veja [Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho](#).

**Q. Preciso inserir o dado de um parâmetro de máquina ou equipamento mas não sei qual é a base em que ele deveria estar calculado.**

A. Todos os dados informados ao programa presumem que a base adotada é a **base do equipamento**, salve exceções explícitas que estão presentes no manual, na seção do código correspondente.

**Q. Não estou conseguindo convergir o meu caso (constantes IMDS, MRAC, IACS ou ITMR atingidas). O que posso fazer?**

A. Existem diversas causas para problemas de convergência. Algumas opções de execução estão disponíveis justamente para melhorar o processo de convergência no Anatem, cujas eficiências podem variar de caso a caso.

**Ver também:**

Para mais informações, veja *Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho*.

**Q. Tenho um CDU modelado para um equipamento e gostaria de usá-lo também para um novo equipamento que estou inserido. É permitido compartilhar o CDU?**

A. Quando o CDU está definido pelo código *DCDU*, não. CDUs definidos pelo código *DCDU* são únicos e só podem estar associados uma única vez. Para o compartilhamento de CDU, é necessário definir este controle como *Topologia de CDUs*, fazendo uso de ambos os códigos *DTDU* (para a definição da topologia) e *ACDU* (para associação da topologia a um CDU). O código *DTDU* é sintaticamente idêntico ao *DCDU*.

**Ver também:**

Para mais informações, veja *Topologia de CDUs*.

**Q. Qual o modelo de carga utilizado pelo Anatem? E quando a geração não é modelada?**

A. O Anatem entenderá todas as cargas como um *modelo estático e dependente da tensão*, usando o modelo de Impedância Constante. O mesmo é válido para a Geração que não possua equipamento dinâmico associado (Impedância Negativa Constante). O modelo estático da carga e da geração podem ser alterados pelo uso dos códigos *DCAR* e *DGER*. É possível atribuir um modelo dinâmico personalizado tanto para a carga, quanto para a geração; para a carga dinâmica personalizada, o código *DLDN*; para a geração dinâmica personalizada, o código *DFNT*.

**Ver também:**

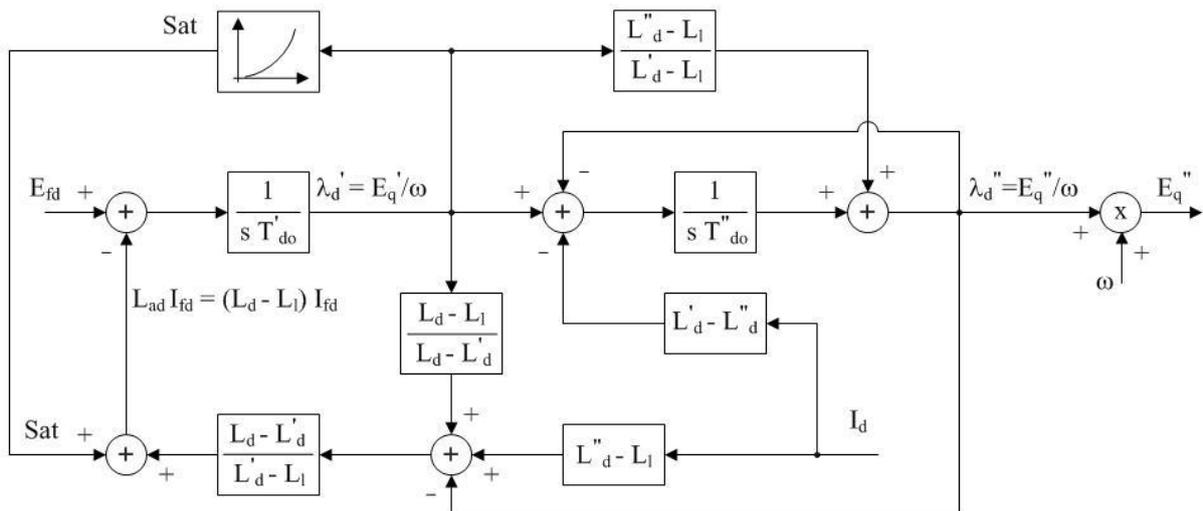
Para mais informações, veja *Cargas*.

**Q. Eu não consigo instalar o programa Anat0 necessário para a preparação de casos do Anatem.**

A. O programa Anat0 não deve ser mais instalado de maneira separada. Este programa foi incorporado ao Anarede e seu uso deve ser feito através da interface desse programa.

**Q. A corrente de campo (Ifd) está em p.u. na base do sistema, na base da máquina ou na base do campo?**

A. O Anatem utiliza o sistema de base recíproca no qual a tensão terminal de 1pu em vazio na linha do entreferro a corrente de campo em pu é igual a  $1/X_{ad}$ , onde  $X_{ad} = X_d - X_l$ . Considerando o modelo da máquina e o efeito da saturação temos em regime permanente com a máquina em vazio:



Sendo:

A tensão terminal ( $V_t$ ) é igual a tensão transitória do eixo em quadratura  $E'q = V_t$

A saturação (sat) é calculada em função dos parâmetros A, B e C:  $sat = A * e^{B(E'q - C)}$

A tensão de campo ( $E_{fd}$ ) é obtida pela soma da saturação e da tensão transitória do eixo em quadratura ( $E'q$ ):  $E_{fd} = sat + E'q$

A corrente de campo ( $i_{fd}$ ) por sua vez é obtida a partir da tensão de campo ( $E_{fd}$ ) e da reatância ( $X_{ad}$ ):  
 $i_{fd} = E_{fd} / X_{ad}''$



## **Parte X**

# **Códigos e Opções de Execução**



## Códigos de Execução

```

009  ▣ DARQ
017  (=====
018  ( SELECIONAR MODO DE EXECUCAO DO PROGRAMA
019  (=====
020  ▣ ANAT
021  (=====
022  ( DADOS DE CDU
023  (=====
024  ▣ DCDU
025  (
026  ▣ DPLT
027  (
028  (=====
029  ( DADOS DE EVENTOS
030  (=====
031  ▣ DEVT IMPR
032  (=====
033  ( DADOS DE SIMULACAO
034  (=====

```

Códigos e Opções de Execução do Anatem

O controle de execução do programa é efetuado por meio de *Códigos de Execução* e de *Opções de Controle de Execução*. De acordo com estes códigos e as opções associadas, são selecionadas as funções do programa.

### Classificação dos Códigos de Execução

Os *Códigos de Execução* podem ser separados em três categorias, principalmente. Códigos de definição de modelos (*DMDG* e.g.), códigos de associação de modelos (*DMAQ* e.g.) e códigos de processamentos de dados (*EXSI* e.g.). O programa não possui uma ordem rígida de leitura dos *Códigos de Execução* embora alguns códigos estejam condicionados à execução prévia de outros. Caso algum código seja executado em ordem imprópria o programa emitirá uma mensagem de erro. Como regra básica deve ser observado que um código que faça uso de um dado deverá ser executado após a execução do código para leitura deste dado (códigos de associação de modelos devem suceder os códigos de definição de modelos). Parte da crítica de dados é realizada durante a entrada dos dados, mas parte da crítica será executada durante a inicialização da simulação.

### Identificação e Finalização dos Códigos de Execução

Os *Códigos de Execução* são identificados por mneumônicos de 4 letras, sempre no início da linha. Alguns *Códigos de Execução* possuem múltiplas entradas, requerendo ao fim um código de finalização (*999999*). Outros *Códigos de Execução* exigem instruções especiais para finalização de inserção de dados (*DCDU*, por exemplo, requer comandos *FIMCDU* e o finalizador *999999*).

## Classificação dos Códigos de Execução

A seguinte figura ilustra a relação hierárquica entre os códigos.

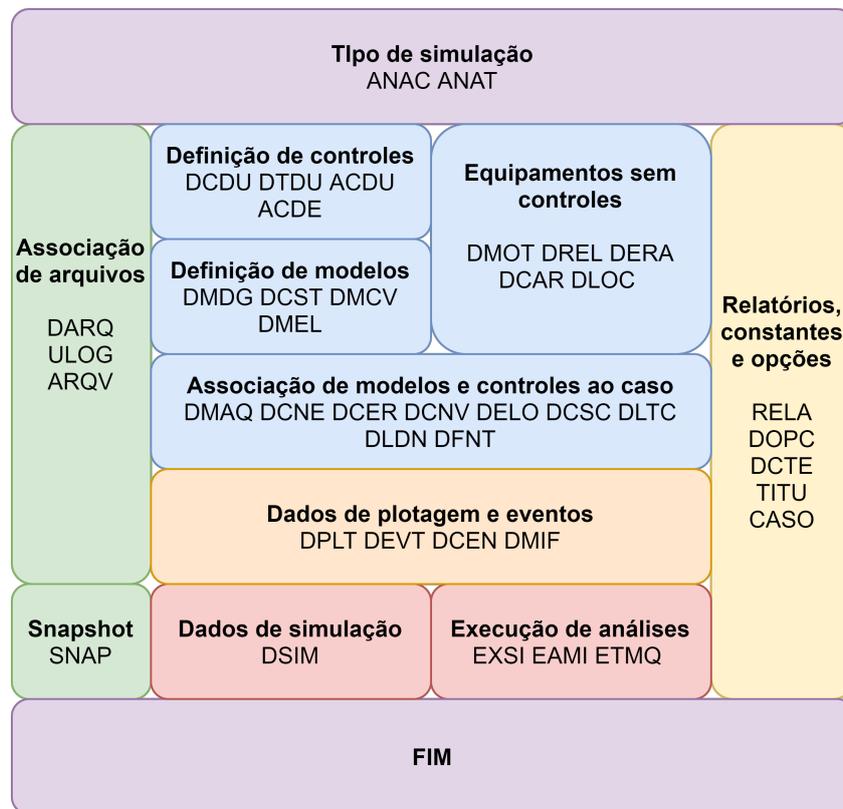


Fig. 45.1: Estrutura hierárquica dos Códigos de Execução do Anatem

## 45.1 ACDE

### 45.1.1 Função

Leitura dos arquivos de *Controladores Definidos pelo Usuário* (CDU's) no formato *CDE*.

**Atenção:** Não é permitido o uso deste código de execução sob a *Unidade Lógica #3*.

### 45.1.2 Utilização

(- Nome do Arquivo -) | Arquivo *CDE* com caminho a ser lido pelo *Anatem*.

### 45.1.3 Opções de execução aplicáveis

- *MCDU*
- *WARN*

### 45.1.4 Exemplo

Listagem 45.1: Exemplo da aplicação do código ACDE

```

1 ( =====
2 ( IMPORTACAO DOS ARQUIVOS DE CDU NO FORMATO CDE
3 ( =====
4 ACDE
5 (----- Nome do Arquivo -----)
6 .\Modelos\HVDC\CONTROLADOR_INV-XINGU.cde
7 .\Empreendimentos_Previstos\Eolicas\ITUMB-EOL345.cde
8 999999

```

#### Ver também:

Consulte a seção *Controladores Definidos pelo Usuário* para maiores informações sobre a utilização de controladores no *Anatem*. Para maiores informações sobre os tipos e formatos de arquivos de entrada e saída de dados do programa, consulte o código *DARQ*.

## 45.2 ACDU

### 45.2.1 Função

Associação de Topologia a controladores definidos pelo usuário. Leitura de dados de associação entre modelos definidos por topologia de *CDU*, pelo código *DTDU*. A associação de topologia a um *CDU* cria, a partir de uma topologia identificada, um *CDU* com numeração desejada, um *CDU* com os parâmetros, blocos e valores de variáveis definidos na topologia. Todos os parâmetros e valores de variáveis do *CDU* gerado serão os mesmos dos definidos sob o código *DTDU* a menos dos parâmetros e valores de variáveis informados através de comando *Definição de Parâmetros (DEFPAR)* neste contexto.

**Atenção:** Não é permitido o uso deste código de execução sob a unidade lógica (*ULOG*) 3.

### 45.2.2 Utilização

O código *ACDU* é utilizado em conjunto com o código *DTDU*, através do qual as topologias definidas são associadas à números representando os *CDU*'s e, por meio destes, aos equipamentos no sistema. Os registros de dados de parâmetros da associação de topologia a *CDU* possuem a mesma forma geral dos *CDU*'s definidos via código *DCDU*. A entrada de *Definição de Parâmetros (DEFPAR)* neste contexto faz com que o *CDU* gerado possua os parâmetros alterados em relação ao *default* da topologia.

<b>ncdu</b>	Número de identificação do <i>CDU</i> a ser criado.
<b>ntop</b>	Número de identificação da Topologia a ser usada como base para o <i>CDU</i> .
<b>nome cdu</b>	Identificação alfanumérica do <i>CDU</i> .

### 45.2.3 Opções de execução aplicáveis

- *LIBS*
- *WARN*

### 45.2.4 Exemplo

Listagem 45.2: Exemplo da aplicação do código ACDU

```

1  (=====
2  ( DEFINIÇÃO DE TOPOLOGIAS A SEREM ASSOCIADAS A DIFERENTES USINAS
3  (=====
4  DTDU
5  (ntop) ( nome topo)
6     100 CDU_USINA_01
7  ( ...
8  ( DEFINIÇÃO DO CDU REPRESENTANDO O CONTROLE DA USINA 02
9  ( ...
10 FIMCDU
11 999999
12 (
13 (=====
14 ( ASSOCIAÇÃO DAS TOPOLOGIAS AOS CDUS PARA POSTERIOR ASSOCIAÇÃO ÀS USINAS
15 (=====
16 ACDU
17 (ncdu) (ntop) ( nome cdu )
18     110     100 CDU_USINA_01
19 ( ...
20 ( ALTERAÇÃO DOS PARÂMETROS DA TOPOLOGIA 100, CASO NECESSÁRIO, VIA COMANDO DEFPAR
21 ( ...
22 FIMCDU
23 (ncdu) (ntop) ( nome cdu )
24     120     100 CDU_USINA_02
25 ( ...
26 ( ALTERAÇÃO DOS PARÂMETROS DA TOPOLOGIA 100, CASO NECESSÁRIO, VIA COMANDO DEFPAR
27 ( ...
28 FIMCDU
29 999999

```

#### Ver também:

Para maiores detalhes sobre os tipos de blocos utilizados para a elaboração das malhas de controle definidas pelo usuário e os *Códigos de Execução* utilizados para a associação dos modelos definidos por *CDU* aos respectivos equipamentos, consultar a seção *CDU*.

Para a maiores detalhes a respeito da definição de topologias de controle, consultar *DTDU*.

Consulte também as entradas *Topologia de CDUs* e *Tutorial sobre Topologia de CDU*.

## 45.3 AGMQ

### 45.3.1 Função

Leitura de agrupamento de máquinas síncronas para cálculo de inércia totalizada, capacidade e despacho. No código AGMQ é realizada a definição de grupos de máquina síncrona para exportação de relatórios. Na presente versão, há possibilidade de imprimir dados de inércia, despacho e capacidade dos grupos de máquina por meio do relatório *RINE*.

### 45.3.2 Utilização

O código *AGMQ* possui duas réguas de preenchimento, a primeira inclui a identificação do agrupamento e a segunda régua apresenta a linguagem de seleção para definição das máquinas síncronas a serem adicionadas ao grupo. A segunda régua pode ser adicionada múltiplas vezes para viabilizar a adição de máquinas síncronas por diferentes critérios. O fechamento dos dados de um agrupamento é realizado pelo comando *FIMGMQ*, enquanto o fechamento do código AGMQ é dado por *999999*.

**Atenção:** Este código utiliza linguagem de seleção. Ver *Linguagem de Seleção* para maiores detalhes.

A seguir é detalhado o preenchimento do código *AGMQ*:

#### Dados de identificação do agrupamento de máquinas síncronas

É a primeira informação de cada novo agrupamento de máquinas. Possui a seguinte régua:

<b>NG</b>	Número de identificação do agrupamento de máquinas síncronas
<b>ID</b>	Identificação alfanumérica do agrupamento de máquinas síncronas

#### Dados de seleção de grupos de máquinas síncronas

Entrada referente à seleção do conjunto de barras para agrupamento. Todas os grupos de máquinas síncronas presentes no conjunto de barras selecionadas serão adicionadas ao agrupamento. A linguagem de seleção pode ser utilizada múltiplas vezes dentro do contexto de definição de um agrupamento e possui a seguinte régua:

<b>tp</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>no</b>	Argumento da linguagem de seleção
<i>C</i>	Argumento da linguagem de seleção
<i>tp</i>	Argumento da linguagem de seleção
<i>no</i>	Argumento da linguagem de seleção
<i>C</i>	Argumento da linguagem de seleção
<i>tp</i>	Argumento da linguagem de seleção
<i>no</i>	Argumento da linguagem de seleção
<i>C</i>	Argumento da linguagem de seleção
<i>tp</i>	Argumento da linguagem de seleção
<i>no</i>	Argumento da linguagem de seleção

**Nota:** Ver *Linguagem de Seleção* para maiores detalhes acerca dos parâmetros de seleção.

## Encerramento da seleção de grupos de máquinas síncronas

Após a definição da lista de seleção para realização do agrupamento de máquinas, deve-se fornecer o comando **FIMGMQ**.

### 45.3.3 Opções de execução aplicáveis

- *WARN*

### 45.3.4 Exemplo

Listagem 45.3: Exemplo da aplicação do código AGMQ

```

1  (=====
2  ( AGRUPAMENTO DE MÁQUINAS SÍNCRONAS
3  (=====
4  AGMQ
5  (NG) (      ID      )
6     10 Agrupamento_SIN
7  (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no)
8  BARR  1  A BARR 99999
9  (
10 FIMGMQ
11 (NG) (      ID      )
12    20 Agrupamento_5658_5659
13 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no)
14 BARR  5658
15 BARR  5659
16 FIMGMQ
17 (
18 (NG) (      ID      )
19    30 Agrupamento_Ilha_10
20 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no)
21 ILHA  10
22 FIMGMQ
23 (
24 999999

```

**Nota:** O exemplo mostra a definição de três agrupamentos:

- O grupo 10 inclui todas as máquinas síncronas entre as barras 1 e 99999.
- O grupo 10 inclui somente os grupos de máquinas associadas às barras 5658 e 5659.
- O grupo 30 inclui todas as máquinas síncronas presentes na ilha elétrica em que a barra 10 se encontra.

#### Ver também:

Para maiores detalhes acerca de relatório de inércia agrupada, ver *rela\_rine*. Para maiores detalhes acerca da linguagem de seleção, ver *Linguagem de Seleção*.

## 45.4 ANAC

### 45.4.1 Função

Estabelecer o contexto de execução de simulação de sistemas de controle sem a presença de rede elétrica (contexto *ANACDU*). Ao se executar este código os dados na memória são inicializados, porém as associações das unidades lógicas feitas com o código *ULOG* são mantidas.

### 45.4.2 Utilização

A utilização do código se resume à incluir o mnemônico *ANAC* no arquivo *.stb*.

## 45.5 ANAT

### 45.5.1 Função

Estabelecer o contexto de simulação de casos de estabilidade (contexto *ANATEM*). Ao se executar este código os dados na memória são inicializados, porém as associações das unidades lógicas feitas com o código *ULOG* são mantidas. Quando se começa a execução do programa este é o contexto “*default*”.

### 45.5.2 Utilização

A utilização do código se resume à incluir o mnemônico *ANAT* no arquivo *.stb*.

## 45.6 ARQM

### 45.6.1 Função

Leitura dos dados de modelos dos sistemas de controle armazenados em um arquivo associado à unidade lógica #3 (*TEM\$MODEL*). Os dados de modelos dos sistemas de controle que independem dos dados do modelo de fluxo de potência podem ser armazenados em um arquivo para posterior processamento através deste código de execução. Neste arquivo podem estar contidos os dados relativos aos códigos *DCDU*, *DCST*, *DECS*, *DEST*, *DMCE*, *DMCS*, *DMCV*, *DMDF*, *DMDG*, *DMEL*, *DMGE*, *DRGT*, *DRGV* e *DMTC*. Os formatos dos dados são os mesmos que os definidos nestes *Códigos de Execução*. Ao final do conjunto de dados deve ser incluído o código *FIM*.

---

**Nota:** No contexto *ANACDU*, somente os dados definidos pelo código *DCDU* são considerados, sendo os demais criticados porém ignorados para a simulação.

---

### 45.6.2 Utilização

A utilização do código se resume à incluir o mnemônico *ARQM* no arquivo *.stb*.

## 45.6.3 Exemplo

Listagem 45.4: Exemplo da aplicação do código ARQM

```

1 (=====
2 ( CARREGANDO ARQUIVOS DE DADOS
3 (=====
4 ULOG
5 3
6 EXEMPLO.DAT
7 (
8 (=====
9 ( RESTABELECIMENTO DOS MODELOS DOS REGULADORES
10 (=====
11 ARQM
12 (
13 (

```

**Nota:** O arquivo *EXEMPLO.DAT* associado pela *Unidade Lógica #3* contém os códigos com os dados de modelos (*DCDU*, *DCST*, *DRGT*, dentre outros), finalizados pelo código *FIM*. O código *ARQM* executa a leitura dos códigos contidos neste arquivo, cujo objetivo é servir como banco de dados de modelos. É possível no entanto fornecer os mesmos dados no mesmo arquivo *.stb*.

**Dica:** A utilização do código *DARQ* dispensa o uso do comendo *ARQM* para a leitura de arquivos associados. Este código é de uso exclusivo de arquivos associados pela *Unidade Lógica #3*.

### Ver também:

Para maiores informações a respeito dos dados de modelos, consulte a seção correspondente ao tipo do modelo predefinido ou a seção *Controladores Definidos pelo Usuário* para criação de modelos personalizados.

## 45.7 ARQV

### 45.7.1 Função

Gerenciamento do arquivo de casos armazenados de fluxo de potência gerado pelo programa *Anarede* e associado à *Unidade Lógica #2* (*TEM\$SAVCA*). De acordo com a opção selecionada, as seguintes operações podem ser efetuadas:

#### Restabelecimento de caso (opção *REST*)

Esta operação restabelece para a memória todas as informações relativas ao sistema gravado em um caso.

#### Listagem dos casos gravados (opção *LIST*)

Esta operação produz a listagem das informações relativas a todos os casos gravados e ao próprio arquivo.

**Dica:** O código *DARQ* permite carregar arquivos de diferentes tipos, inclusive arquivos histórico, e reestabelecer casos de forma mais prática e condensada, motivo pelo qual recomenda-se utilizá-lo sempre que necessário caso esteja disponível na versão do *Anatem* instalada.

## 45.7.2 Utilização

É necessário, primeiro, carregar na *Unidade Lógica #2* do *Anatem* o arquivo histórico criado no *Anarede*, através do código *ULOG*. A utilização do código em si se resume à incluir o mnemônico *ARQV* no arquivo *.stb* e, nas duas primeiras colunas da linha inferior, informar o número do caso histórico salvo no arquivo *historico.sav*.

## 45.7.3 Opções de execução aplicáveis

- *LIST*
- *REST*
- *WARN*

## 45.7.4 Exemplo

Listagem 45.5: Exemplo da aplicação do código ARQV

```

1 (=====
2 ( CARREGANDO ARQUIVO HISTORICO
3 (=====
4 ULOG
5 2
6 HISTORICO_CASOS.SAV
7 (
8 (=====
9 ( REESTABELECENDO CASO NA POSICAO 01 DO HISTORICO
10 (=====
11 ARQV REST
12 01

```

### Ver também:

Consulte o código *DARQ* para maiores informações a respeito de como carregar arquivos histórico e reestabelecer casos nas versões mais recentes do *Anatem*. Para maiores informações a respeito das unidades lógicas do *Anatem* e como utilizá-las, consulte o código *ULOG*.

## 45.8 CASO

### 45.8.1 Função

Inicializar dados do caso na memória, para início de estudo de um novo caso. Este código deve ser usado quando se deseja executar diferentes casos em sequência dentro de um mesmo arquivo de dados ou numa mesma sessão em um terminal. Antes de se executar o caso seguinte deve-se inicializar os dados na memória pois do contrário os novos dados serão interpretados como modificações do caso anterior.

Ao se executar o código *CASO* as associações das unidades lógicas feitas com o código *ULOG* são mantidas. Da mesma forma o contexto de execução (*Anatem* ou *ANACDU*, ver códigos *ANAT* e *ANAC*) é mantido.

---

**Dica:** O código *DARQ* permite carregar arquivos de diferentes tipos, inclusive arquivos histórico, e reestabelecer casos de forma mais prática e condensada, motivo pelo qual recomenda-se utilizá-lo sempre que necessário caso esteja disponível na versão do *Anatem* instalada.

---

**Dica:** É possível automatizar a execução de casos no *Anatem* explorando diferentes eventos através de uma *Análise de Contingências*.

---

## 45.8.2 Utilização

A utilização do código se resume à incluir o mnemônico *CASO* no arquivo *.stb*.

## 45.8.3 Exemplo

Listagem 45.6: Exemplo da aplicação do código *CASO*

```

1  (=====
2  ( LEITURA DAS INSTRUCOES DE EXECUCAO DO PRIMEIRO CASO
3  (=====
4  ULOG
5  1
6  EXEMPLO1.STB
7  (
8  (=====
9  ( APAGAR MEMORIA DE CASO ANTERIOR
10 (=====
11 CASO
12 (
13 (=====
14 ( LEITURA DAS INSTRUCOES DE EXECUCAO DO SEGUNDO CASO
15 (=====
16 ULOG
17 1
18 EXEMPLO2.STB
19 (
20 (=====
21 ( FIM DA EXECUCAO
22 (=====
23 FIM

```

**Nota:** O exemplo mostra a execução de dois casos em sequência, cujos dados estão armazenados respectivamente nos arquivos *EXEMPLO1.STB* e *EXEMPLO2.STB*.

### Ver também:

Para maiores informações a respeito das unidades lógicas do *Anatem* e sobre como utilizá-las, consulte o código *ULOG*.

## 45.9 CCDU

### 45.9.1 Função

Definição de *CDU Clustering* para alterar a ordem de solução de modelos de controladores, agrupando-os. Os controladores dos seguintes modelos podem participar da solução:

- *Modelos genéricos de geração*
- *Modelos não específicos*

**Nota:** O *Anatem* resolve primeiro os modelos *DFNT*, em seguida os modelos *DCNE* e por último os modelos em *CDU Clustering*. Para um dado tipo de equipamento, a ordem de solução é a ordem informada na declaração dos elementos.

Este Código de Execução determina que os controladores listados sejam agrupados em *clusters*

**Atenção:** Um controlador listado no código *CCDU* não será solucionado na sua ordem original, mas no fim da solução de modelos CA.

**Dica:** Esse recurso deve ser usado quando existe comunicação entre CDUs e a ordem natural de solução dos controles apresenta problemas de convergência.

## 45.9.2 Utilização

Cada linha do código de execução corresponde a um novo agrupamento e cada agrupamento pode conter até 10 CDUs distintos.

<b>ncdu</b>	Número do CDU a ser incluído no <i>cluster</i> de solução
<i>ncdu</i>	Número do CDU a ser incluído no <i>cluster</i> de solução
(...)	
<i>ncdu</i>	Número do CDU a ser incluído no <i>cluster</i> de solução

**Dica:** Utilize uma nova linha na entrada de dados para separar os CDUs em diferentes agrupamentos.

## 45.9.3 Exemplo

Listagem 45.7: Exemplo da aplicação do código CCDU

```

1 (=====
2 ( AGRUPAMENTO DE CDU / CDU CLUSTERING
3 (=====
4 CCDU
5 (ncdu) (ncdu) (ncdu) (ncdu) (ncdu) (ncdu) (ncdu) (ncdu) (ncdu)
6   154   152   151   153
7 999999
8 (=====
9 FIM

```

**Nota:** O exemplo mostra o agrupamento dos CDUs número 154, 152, 151 e 153. Estes CDUs serão resolvidos na ordem da declaração do código *CCDU*.

### Ver também:

Para maiores informações a respeito das unidades lógicas do *Anatem* e sobre como utilizá-las, consulte o código *ULOG*.

## 45.10 DARQ

### 45.10.1 Função

Leitura de dados de associação de arquivos de entrada e saída. A partir da versão 11.02.00 é permitido que através de um arquivo de dados associado pelo código *DARQ*, seja dado outro código *DARQ* fornecendo outros arquivos de dados. Ao término de cada arquivo, a leitura continua no ponto onde parou no arquivo de dados de nível acima. São permitidos infinitos níveis de aninhamento de arquivo de dados, isto é, um segundo arquivo pode carregar um terceiro e assim sucessivamente, conforme apresenta a figura a seguir:

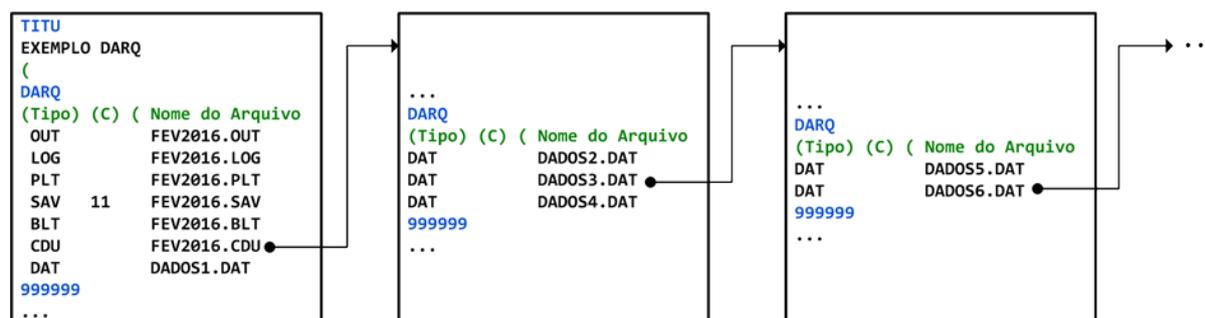


Fig. 45.2: Estrutura de aninhamento infinito do *DARQ*

**Atenção:** A estrutura de aninhamento do *DARQ* presume que os arquivos informados estão relativos ao arquivo *STB* principal.

### 45.10.2 Utilização

Para a utilização do comando *DARQ*, os seguintes campos podem ser preenchidos:

Tipo	Tipo de arquivo a ser associado
C	Número do caso do arquivo histórico a ser restabelecido (este campo só deve ser preenchido para os tipos <i>HIS</i> e <i>SAV</i> )
Nome do Arquivo	Nome do arquivo de entrada ou saída a ser associado

Os seguintes tipos de arquivos podem ser associados por meio do código *DARQ*:

#### OUT

Arquivo de relatório

#### LOG

Arquivo de mensagem

#### PLT

Arquivo de plotagem

#### SAV

Arquivo histórico do *Anarede*

#### HIS

Arquivo histórico do *Anarede*

#### BLT

Arquivo de modelos *built-in*

#### CDU

Arquivo de modelos *Controladores Definidos pelo Usuário*

**DAT**

Arquivo de dados e modelos

**CDE**Arquivo do *CDUEdit***RELE**

Arquivo de plotagem de relés de impedância

**MIIF**Arquivo CSV de resultados da análise de *Multi-Infeed***RINE**Arquivo CSV de resultados de inércia gerados pela opção *RINE***SNP**Arquivo *snapshot***PLTCDU**Arquivo de plotagem automática de variáveis de *Controladores Definidos pelo Usuário***SINARQ**

Arquivo de sinal externo

---

**Dica:** Os arquivos de saída *OUT*, *LOG*, *PLT* e *MIIF* e o arquivo de entrada *SAV* (ou *HIS*) não exigem o preenchimento deste campo, e neste modo, estes arquivos são nomeados automaticamente com o mesmo nome do arquivo *.stb* e a extensão correspondente.

---

### 45.10.3 Opções de execução aplicáveis

- *WARN*

### 45.10.4 Exemplo

Listagem 45.8: Exemplo da aplicação do código DARQ

```

1  DARQ
2  (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
3  ( Arquivos de saída com nome automático
4  OUT      .\
5  LOG      .\
6  PLT      .\
7  ( Arquivos de entrada
8  SAV      2  exemplo.sav
9  BLT      exemplo.bl
10  CDU      exemplo.cdu
11  999999

```

**Ver também:**Para maiores detalhes acerca dos arquivos que podem ser associados, ver *Arquivos Anatem*.

## 45.11 DAVS

### 45.11.1 Função

Leitura de dados de associação de conversor *VSI* ao respectivo modelo de controle.

### 45.11.2 Utilização

#### DAVS

<b>Nv</b>	Número de identificação do conversor <i>VSI</i> ao qual deverá ser associado o respectivo modelo de controle.
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor <i>VSI</i> , como definido no campo <i>ncdu</i> do código <i>DCDU</i> ou do código <i>ACDU</i> relativo à topologia definida via código <i>DTDU</i> . Nesta versão o modelo de controle de conversor <i>VSI</i> só pode ser do tipo definido pelo usuário.
<b>U</b>	Letra <i>U</i> , pois o modelo de controle de conversor <i>VSI</i> só pode ser definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> .

### 45.11.3 Exemplo

Listagem 45.9: Exemplo da aplicação do código DAVS

```

1  (=====
2  ( DEFINIÇÃO DO MODELO DO CONVERSOR VSI
3  (=====
4  DCDU
5  (ncdu) ( nome cdu )
6  100 CONV-VSI-01
7  ( ...
8  ( Definição da lógica de controle do conversor
9  ( ...
10 FIMCDU
11 (
12 999999
13 (=====
14 ( DADOS DOS CONVERSORES VSI
15 (=====
16 DAVS
17 (Nv) ( Mc )u
18 01 100U
19 999999

```

#### Ver também:

Consulte a seção *Conversores VSI* para maiores informações a respeito deste tipo de equipamento e a seção *Controladores Definidos pelo Usuário* para mais detalhes a respeito da definição de controles personalizados.

## 45.12 DCAG

### 45.12.1 Função

Leitura de dados de associação de controles automáticos de geração aos respectivos modelos.

### 45.12.2 Utilização

<b>Nc</b>	Número de identificação do Controle Automático de Geração ao qual deverá ser associado o respectivo modelo.
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo de Controle Automático de Geração, como definido no campo <i>CDU</i> do código <i>DCDU</i> . Nesta versão o modelo de Controle Automático de Geração só pode ser do tipo definido pelo usuário.
<b>u</b>	Letra <i>U</i> , pois o modelo de Controle Automático de Geração só pode ser definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> .

### 45.12.3 Opções de execução aplicáveis

- *WARN*

### 45.12.4 Exemplo

Listagem 45.10: Exemplo da aplicação do código DCAG

```

1 (=====
2 ( DEFINIÇÃO DO CDU REPRESENTANDO O CONTROLE AUTOMÁTICO DE GERAÇÃO
3 (=====
4 DCDU
5 (ncdu) ( nome cdu )
6     140 CAG-Area-01
7 ( ...
8 ( DEFINIÇÃO DO CDU REPRESENTANDO O CAG
9 ( ...
10 FIMCDU
11 (
12 999999
13 (=====
14 ( ASSOCIAÇÃO DO CAG AO CONTROLE DEFINIDO POR CDU
15 (=====
16 DCAG
17 (Nc)   ( Mc )u
18     10     140U
19 999999

```

#### Ver também:

Para maiores detalhes quanto aos modelos disponíveis de equipamentos para geração síncrona, consulte *DMDG*. Para maiores detalhes à respeito dos modelos disponíveis para a representação de fontes renováveis, consulte os códigos *DCNV* (eólicas do tipo *full converter* e fotovoltaicas) e *DDFM* (eólicas do tipo máquina de indução com dupla alimentação).

## 45.13 DCAR

### 45.13.1 Função

Leitura dos parâmetros  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$  que estabelecem a função de variação de carga estática em relação ao módulo de tensão nas barras.

O comportamento das cargas estáticas é descrito pelas seguintes equações:

$$\begin{aligned} \text{Carga ativa} &= \begin{cases} \left[ (100 - A - B) + A \left( \frac{V}{V_0} \right) + B \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right] \cdot \frac{P}{100} & \text{se } V \geq V_{mn} \\ \left[ (100 - A - B) \left( \frac{V}{V_{mn}} \right)^2 + A \left( \frac{V}{V_0} \right) \left( \frac{V}{V_{mn}} \right) + B \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right] \cdot \frac{P}{100} & \text{se } V < V_{mn} \end{cases} \\ \text{Carga reativa} &= \begin{cases} \left[ (100 - C - D) + C \left( \frac{V}{V_0} \right) + D \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right] \cdot \frac{Q}{100} & \text{se } V \geq V_{mn} \\ \left[ (100 - C - D) \left( \frac{V}{V_{mn}} \right)^2 + C \left( \frac{V}{V_0} \right) \left( \frac{V}{V_{mn}} \right) + D \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right] \cdot \frac{Q}{100} & \text{se } V < V_{mn} \end{cases} \end{aligned}$$

sendo:

$A$ ,  $B$  e  $C$ ,  $D$  são parâmetros que definem as parcelas de carga representadas por corrente e impedância constantes, respectivamente.

$P$  e  $Q$  são as potências ativa e reativa da carga para a tensão  $V_0$ .

$V_0$  tensão inicial da barra, convergida pelo fluxo de potência

$V_{mn}$  tensão abaixo da qual a carga passa a ser modelada como impedância constante

No instante inicial ( $t = 0$ ), as cargas definidas no programa de fluxo de potência são automaticamente convertidas para impedância constante ( $A = C = 0$  e  $B = D = 100$ ). O modelo de carga (parâmetros  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  e  $V_{mn}$ ) pode posteriormente ser alterado em qualquer instante de tempo da simulação através do código **DCAR**. Deve-se observar que se a mudança dos parâmetros for feita com tensão na carga diferente de  $V_0$  ocorrerá uma descontinuidade de potência.

Mudanças no valor da carga ( $P$  e  $Q$ ) podem ser feitas pelo usuário através do código **DEVT** ou automaticamente por relés de subfrequência e subtensão (código **DREL**), por esquema regional de alívio de carga (código **DERA**) ou por modificação automática de cenário de carga/geração (código **DCEN**).

## 45.13.2 Utilização

**Atenção:** Este código utiliza linguagem de seleção. Ver *Linguagem de Seleção* para maiores detalhes.

Os seguintes parâmetros devem ser preenchidos para o código *DCAR*:

<b>tp</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>no</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>C</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>tp</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>no</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>C</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>tp</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>no</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>C</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>tp</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>no</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>A</b>	Valor do parâmetro que define a parcela de carga ativa que varia linearmente com a magnitude da tensão ( <i>default = 0</i> )
<b>B</b>	Valor do parâmetro que define a parcela de carga ativa que varia com o quadrado da magnitude da tensão ( <i>default = 0</i> )
<b>C</b>	Valor do parâmetro que define a parcela de carga reativa que varia linearmente com a magnitude da tensão ( <i>default = 0</i> )
<b>D</b>	Valor do parâmetro que define a parcela de carga reativa que varia com o quadrado da magnitude da tensão ( <i>default = 0</i> )
<b>Vmn</b>	Valor de tensão abaixo do qual as cargas funcionais passam a ser modeladas como impedância constante, em % ( <i>default = 70</i> )

## 45.13.3 Opções de execução aplicáveis

- *WARN*

## 45.13.4 Exemplo

Listagem 45.11: Exemplo da aplicação do código DCAR

```

1 (=====
2 ( ALTERACAO DE CARGAS FUNCIONAIS
3 (=====
4 DCAR IMPR
5 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) (A) (B) (C) (D) (Vmn)
6 BARR      1 A BARR  9998      100  0  0 100
7 999999

```

**Nota:** O exemplo mostra os dados para alteração das cargas nas barras 1 a 9998 para modelo com 100% de I constante na parte ativa e 100% de Z constante na parte reativa.

### Ver também:

Para maiores detalhes acerca de cargas estáticas e dinâmicas, ver *Cargas*. Para maiores detalhes acerca da linguagem de seleção, ver *Linguagem de Seleção*.

## 45.14 DCCT

### 45.14.1 Função

Leitura de dados de associação de controles centralizados de tensão aos respectivos modelos.

### 45.14.2 Utilização

<b>Nc</b>	Número de identificação do Controle Centralizado de Tensão ao qual deverá ser associado o respectivo modelo.
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo de Controle Centralizado de Tensão, como definido no campo <i>CDU</i> do código <i>DCDU</i> . Nesta versão o modelo de Controle Centralizado de Tensão só pode ser do tipo definido pelo usuário.
<b>u</b>	Letra <i>U</i> , pois o modelo de Controle Centralizado de Tensão só pode ser definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> .

### 45.14.3 Opções de execução aplicáveis

- *WARN*

### 45.14.4 Exemplo

Listagem 45.12: Exemplo da aplicação do código DCCT

```

1 (=====
2 ( DEFINIÇÃO DO CDU REPRESENTANDO O CONTROLE CENTRALIZADO DE TENSÃO
3 (=====
4 DCDU
5 (ncdu) ( nome cdu )
6     240 CCT-Area-01
7 ( ...
8 ( DEFINIÇÃO DO CDU REPRESENTANDO O CCT
9 ( ...
10 FIMCDU
11 (
12 999999
13 (=====
14 ( ASSOCIAÇÃO DO CCT AO CONTROLE DEFINIDO POR CDU
15 (=====
16 DCCT
17 (Nc)   ( Mc )u
18     20   240U
19 999999

```

#### Ver também:

Para maiores detalhes quanto aos modelos disponíveis de equipamentos para geração síncrona, consulte *DMDG*. Para maiores detalhes à respeito dos modelos disponíveis para a representação de fontes renováveis, consulte os códigos *DCNV* (eólicas do tipo *full converter* e fotovoltaicas) e *DDFM* (eólicas do tipo máquina de indução com dupla alimentação).

## 45.15 DCDU

### 45.15.1 Função

Dados de controladores definidos pelo usuário. Leitura de dados de modelo de controlador definido pelo usuário (*CDU*). O usuário pode definir modelos de controladores para as unidades de geração utilizando *CDUs*, assim como modelos de compensadores estáticos e seus controladores, através do código *DCDU*.

No contexto de simulação de sistemas de controle independentes, sem a presença de rede elétrica (contexto *ANACDU* – ver código de execução *ANAC*), todos os *CDUs* lidos pelo código *DCDU* serão utilizados na solução. No contexto de simulação de casos de estabilidade (contexto *Anatem* – ver código *ANAT*) um *CDU* só será utilizado caso esteja associado a algum equipamento.

**Dica:** Só é possível associar um único controle definido pelo código *DCDU* à somente um modelo de equipamento. Para a associação de um único *CDU* à múltiplos modelos de equipamentos é necessário definir uma topologia através do código *DTDU* e declarar múltiplos números de *CDUs* relacionados à esta topologia para a posterior associação aos equipamentos desejados através do código *ACDU*.

### 45.15.2 Utilização

O código *DCDU* possui diferentes réguas de preenchimento, a depender do contexto do dado a ser informado. É possível declarar mais de um controlador em um mesmo *DCDU*. Cada declaração de um controlador deve ser finalizado pelo comando *FIMCDU*. O fechamento do código *DCDU* em si é realizado por meio do habitual *999999*. Usualmente, um controlador possui a seguinte ordem de declaração de dados: identificação -> *DEFPAR* -> *blocos de CDU* -> *DEFVAL* -> *FIMCDU*.

O encerramento da declaração de um controlador definido pelo usuário é realizado pelo comando *FIMCDU*, enquanto o fechamento do código *DCDU* é dado por *999999*.

#### Dados de Identificação do CDU

É a primeira informação de cada novo controlador. Possui a seguinte régua:

<b>ncdu</b>	Número de identificação do <i>CDU</i>
<b>nome cdu</b>	Identificação alfanumérica do <i>CDU</i>

#### Dados de Definição de Parâmetros

Entrada referente às definições *DEFPAR* do controlador. Possui a seguinte régua:

<b>(EF-PAR</b>	Palavra <i>DEFPAR</i>
<b>nome</b>	Identificação alfanumérica do parâmetro. Deve começar obrigatoriamente pelo caractere “#” seguido de letra
<b>valor</b>	Valor do parâmetro

### Dados de Definição de Blocos

Entrada referente às definições dos *blocos* do controlador. Esta régua pode ser separada em duas partes. A primeira parte é independente do tipo do bloco utilizado:

<b>nb</b>	Número de identificação do bloco
<i>i</i>	Se preenchido com o caractere “*”, indica que o bloco do <i>CDU</i> é um bloco exclusivamente de inicialização
<b>tipo</b>	Tipo do bloco
<i>o</i>	Se preenchido com o caractere “*”, indica que o bloco do <i>CDU</i> <b>não</b> emitirá mensagens nos relatórios de saída
<i>stip</i>	Subtipo do bloco, para blocos com tipos que exigem o preenchimento deste campo
<i>s</i>	Se preenchido com o caractere “-“, indica sinal com polaridade invertida; disponível para alguns blocos específicos
<b>Vent</b>	Identificação alfanumérica da variável de entrada do bloco
<b>Vsai</b>	Identificação alfanumérica da variável de saída do bloco

A segunda parte é dependente do bloco utilizado:

<i>P1</i>	Parâmetro P1 do bloco
<i>P2</i>	Parâmetro P2 do bloco
<i>P3</i>	Parâmetro P3 do bloco
<i>P4</i>	Parâmetro P4 do bloco
<i>Vmin</i>	Identificação alfanumérica da variável associada ao limite inferior
<i>Vmax</i>	Identificação alfanumérica da variável associada ao limite superior

### Dados de Definição de Valores de variáveis

Entrada referente às definições *DEFVAL* do controlador. Possui a seguinte régua:

<b>(EFVAL</b>	Palavra <i>DEFVAL</i>
<i>stip</i>	Subtipo do dado de definição de valor de variável (consultar os <i>Subtipos Disponíveis</i> ), deixado em branco, preenchido com o nome de parâmetro, com <i>VAR</i> no caso de uma variável do próprio <i>CDU</i> ou com <i>CDU</i> no caso de uma variável de qualquer <i>CDU</i> .
<b>vdef</b>	Identificação alfanumérica da variável à qual será atribuído um valor inicial.
<b>d1</b>	O parâmetro <i>d1</i> pode ter os seguintes significados de acordo com o campo <i>stip</i> : <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Em branco:</b> o campo <i>d1</i> deve ser preenchido com o valor numérico ou nome do parâmetro com cujo valor será dado <i>DEFVAL</i>.</li> <li><b>Preenchido com VAR:</b> o campo <i>d1</i> deve ser preenchido com o nome da variável com cujo valor será dado <i>DEFVAL</i>. Esta variável deve pertencer ao mesmo <i>CDU</i> da variável identificada no campo <i>Vdef</i>.</li> <li><b>Preenchido com um dos demais subtipos:</b> número de identificação da localização remota de sinal com cujo valor será dado <i>DEFVAL</i> ou nome do parâmetro contendo esta informação. Se for deixado em branco, será importado o valor da variável da máquina, compensador estático, compensador série controlado ou conversor onde o <i>CDU</i> está conectado (consulte as particularidades para cada um dos <i>Subtipos Disponíveis</i>).</li> </ol>
<i>o</i>	Declaração para exclusão da variável no relatório <i>P2D2 NULL</i> .
<i>d2</i>	Valor <i>default</i> assumido pela variável na ausência da localização remota informada no campo <i>d1</i> . Este campo não deve ser preenchido quando da utilização do subtipo <i>VAR</i> ou subtipo em branco.

### 45.15.3 Opções de execução aplicáveis

- *WARN*

### 45.15.4 Exemplo

Listagem 45.13: Exemplo da aplicação do código DCDU

```

1 (=====
2 ( CONTROLE DEFINIDO PELO USUÁRIO (CDU)
3 (=====
4 DCDU
5 (ncdu) ( nome cdu )
6     100 CDU_USINA_01
7 ( ...
8 ( DEFINIÇÃO DO CDU REPRESENTANDO O CONTROLE DA USINA 01
9 ( ...
10 FIMCDU

```

(continua na próxima página)

```
11 (ncdu) ( nome cdu )
12     200 CDU_USINA_02
13 ( ...
14 ( DEFINIÇÃO DO CDU REPRESENTANDO O CONTROLE DA USINA 02
15 ( ...
16 FIMCDU
17 999999
```

**Ver também:**

Para maiores detalhes sobre os tipos de blocos utilizados para a elaboração dos *CDUs*, consulte a seção *Blocos de CDU*. Para maiores detalhes sobre a associação de uma topologia à múltiplos equipamentos, consultar *ACDU* e *DTDU*.

## 45.16 DCEN

### 45.16.1 Função

Leitura de dados para alteração automática de cenário de carga, de geração ou de motor de indução.

Em versões anteriores do *Anatem*, as alterações de cenário de carga, de geração ou de motor de indução somente eram possíveis através de eventos fornecidos pelo código *DEVT*. No entanto o número de eventos necessários seria elevado principalmente em estudos de média duração, onde se deseje representar a variação de carga ou geração no tempo em certa região do sistema.

De maneira a simplificar a entrada de dados foi criada uma facilidade de alteração automática de cargas, de geração e de motores de indução, situados em barras escolhidas pelo usuário, especificando-se o intervalo, a quantidade e a magnitude das variações. O programa gera então automaticamente os eventos desejados.



## 45.16.2 Utilização

<b>Tm</b>	Tipo da mudança, preenchido como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>CARG</i> para mudança de carga;</li> <li>• <i>GERA</i> para mudança de geração;</li> <li>• <i>VOLT</i> para mudança de cenário de tensão;</li> <li>• <i>MIND</i> para mudança de motor de indução.</li> </ul>
<b>tp</b>	Tipo do elemento, preenchido como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>BARR</i> se o elemento é uma barra;</li> <li>• <i>AREA</i> se o elemento é uma área;</li> <li>• <i>TENS</i> se o elemento é uma base de tensão.</li> </ul>
<b>no</b>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento.
<i>C</i>	Primeira condição, preenchida como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>A</i> Especifica uma condição de intervalo;</li> <li>• <i>E</i> Especifica uma condição de união.</li> </ul>
<i>tp</i>	Tipo do elemento definido para a primeira condição ( <i>BARR</i> , <i>AREA</i> ou <i>TENS</i> ).
<i>no</i>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento definido para a primeira condição.
<i>C</i>	Condição principal, preenchida como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>X</i> para a diferença entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições;</li> <li>• <i>E</i> para a união entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições;</li> <li>• <i>X</i> para a interseção entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições.</li> </ul>
<i>tp</i>	Tipo do elemento definido para a condição principal ( <i>BARR</i> , <i>AREA</i> ou <i>TENS</i> ).
<i>no</i>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento definido para a condição principal.
<i>C</i>	Segunda condição, preenchida como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>X</i> para a diferença entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições;</li> <li>• <i>E</i> para a união entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições;</li> <li>• <i>X</i> para a interseção entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições.</li> </ul>
<i>tp</i>	Tipo do elemento definido para a segunda condição ( <i>BARR</i> , <i>AREA</i> ou <i>TENS</i> ).
<i>no</i>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento definido para a segunda condição.
<i>Var</i>	Este campo é usado apenas quando <i>Tm</i> é preenchido com <i>GERA</i> ou <i>VOLT</i> . Especifica o nome da variável associada ao sinal de referência dos reguladores (de velocidade ou de tensão) tipo <i>CDU</i> dos geradores situados nas barras selecionadas. Se deixada em branco indica que as alterações serão feitas nas referências de modelos predefinidos de reguladores dos geradores nas mesmas barras.
<b>Tin</b>	Tempo inicial para a mudança de cenário, em segundos.
<b>678</b>	<b>Capítulo 45. Códigos de Execução</b>
<b>Tfi</b>	Tempo final para a mudança de cenário, em segundos.
<b>N</b>	Número de mudanças entre <i>Tin</i> e <i>Tfi</i> . A primeira mudança ocorrerá sempre no instante definido por <i>Tin</i> .

### 45.16.3 Exemplo

Listagem 45.14: Exemplo da aplicação do código *DCEN*

```

1 (=====
2 ( ALTERACAO AUTOMATICA DE CENARIO DE CARGA
3 (=====
4 DCEN
5 (Tm) (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) (Var ) (Tin)(Tfi)(N)( % )
6 CARG BARR 10      E BARR 15                                1.00 2.00 100 15.0
7 999999

```

**Dica:** O código *DCEN* pode ser utilizado para traçar das curvas representando a relação tensão × potência (PV) dinâmicas de um sistema. Para isto, é necessário plotar as variáveis de tensão e potência das *Barras CA* analisadas e combiná-las através da interface da PlotCEPEL. Em relação às curvas PV tradicionais, esboçadas a partir dos resultados obtidos pela solução do sistema em regime permanente, as curvas PV dinâmicas permitem observar a atuação de *OLTC*'s e compensadores para reestabelecer os níveis de tensão conforme ocorrem os incrementos de carga.

#### Ver também:

Para maiores informações a respeito dos tipos de eventos disponíveis nesta versão do *Anatem*, consulte o código *DEVT*.

## 45.17 DCER

### 45.17.1 Função

Leitura de dados de associação de *compensador estático* ao seu modelo e respectivo modelo dinâmico.

**Aviso:** Os compensadores estáticos que não estiverem associados aos respectivos modelos serão convertidos automaticamente pelo programa para impedâncias constantes.

**Nota:** No programa de fluxo de potência *Anarede*, os compensadores estáticos deverão estar conectados a barras de carga (*tipo 0*) e estar definidos pelo código *DCER* (onde se informa o número de unidades, o estatismo, a faixa de operação, etc.). A conexão de um compensador estático a uma barra PV (*tipo 1*) ou “*slack*” (*tipo 2*) implica em dois controles simultâneos de tensão, o que será, em princípio, traduzido no *Anatem* como um compensador síncrono em paralelo com um compensador estático.

### 45.17.2 Utilização

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra à qual está conectado o grupo de compensadores estáticos.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de compensadores estáticos. Em uma barra podem estar conectados um ou mais grupos de compensadores estáticos. Um grupo pode ser constituído por um ou mais compensadores estáticos (conforme definido no programa de fluxo de potência).
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo de compensador estático, como definido no campo Número do código de execução <i>DMCE</i> , ou no campo <i>CDU</i> dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de compensador estático for definido pelo usuário através dos <i>Códigos de Execução DCDU</i> ou <i>DTDU</i> .
<b>Me</b>	Número de identificação do modelo de estabilizador aplicado em compensador estático, como definido no campo <i>CDU</i> dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> . Nesta versão, o modelo de estabilizador aplicado em compensador estático só pode ser do tipo definido pelo usuário.
<i>u</i>	Letra <i>U</i> , pois o modelo de estabilizador aplicado em compensador estático só pode ser definido pelo usuário através dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> .

### 45.17.3 Opções de execução disponíveis

- *BASE*
- *DCNI*
- *IERR*
- *WARN*

**Cuidado:** Quando utilizada a opção *IERR*, o caso será executado, porém o modelo do compensador estático será desconsiderado (não será associado). Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** relativas a barras CA não encontradas ou que não possuam compensador estático no caso em questão sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Número de barra inexistente*
- *Barra não possui compensador estático*
- *Grupo de compensador estático não existe*

### 45.17.4 Exemplo

Listagem 45.15: Exemplo da aplicação do código *DCER*

```

1 (=====
2 ( DADOS PARA MODELO TIPO 1 PREDEFINIDO DE CES
3 (=====
4 DMCE MD01
5 (No) ( K )( T )(T1 )(T2 )
6 800 100. 0.10 1.0 2.0
7 999999
8 (
9 (=====
10 ( DADOS PARA MODELO CDU DE ESTABILIZADOR EM CES
11 (=====
12 DCDU
13 (ncdu) ( nome cdu )
14 94 estabil.-CES
15 ( ...
16 ( Definição do modelo de estabilizador
17 ( ...

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

18 FIMCDU
19 999999
20 (
21 (=====
22 ( ASSOCIACAO DE COMPENSADOR ESTATICO AOS MODELOS
23 (=====
24 DCER
25 ( Nb)   Gr ( Mc )u( Me )u
26   500   10   800   94U
27 999999

```

**Nota:** O exemplo ilustra a utilização do código *DCER* para associação de um modelo de compensador estático (número 800, modelo tipo 01 predefinido) e respectivo modelo de sinal estabilizador (número 94, definido pelo usuário) ao grupo 10 de compensadores estáticos modelado no programa de fluxo de potência na barra CA de número 500.

#### Ver também:

Consulte a seção *Compensadores Estáticos de Reativos* para maiores informações.

## 45.18 DCLI

### 45.18.1 Função

Leitura ou modificação de dados de indutâncias de linhas CC. O código *DCLI* é necessário apenas para linhas sem dados de indutância ou quando for necessário modificar alguma indutância ou capacitância já fornecida. Os dados de capacitância só devem ser fornecidos no caso de transmissão por cabo, quando então o valor de capacitância é significativo e têm influência na dinâmica da estabilidade. Para linhas aéreas os valores das capacitâncias envolvidas são pequenos e irão produzir oscilações de alta frequência que, além de não terem influência na estabilidade, causarão problemas numéricos.

**Atenção:** Todas as linhas CC devem obrigatoriamente ter dado de indutância. Estes dados podem no entanto já terem sido fornecidos no Anarede.

### 45.18.2 Utilização

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> da linha CC.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> da linha CC.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo. Se o campo for deixado em branco o programa assume o número de identificação igual a 1.
<b>L</b>	Indutância de linha CC, em <i>mH</i> .
<b>C</b>	Capacitância de linha CC, em $\mu F$ . O modelo de linha CC adotado no programa é o conhecido como <i>T</i> equivalente.

### 45.18.3 Opções de execução disponíveis

- *BASE*
- *IERR*
- *WARN*

**Cuidado:** Quando utilizada a opção *IERR*, o caso será executado, porém não será realizada a leitura ou modificação de dados de indutância de linha CC. Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Caso não possui linha CC*
- *Barra CC da extremidade DE não existe*
- *Barra CC da extremidade PARA não existe*
- *Circuito CC inexistente*

### 45.18.4 Exemplo

Listagem 45.16: Exemplo da aplicação do código *DCLI*

```

1 DCLI
2 (De) (Pa)Nc ( L )( C )
3 1 2 0.1
4 999999

```

#### Ver também:

Para maiores detalhes quanto à modelagem das linhas e os demais componentes dos elos de corrente contínua, consultar a seção *Elos de Corrente Contínua LCC*.

## 45.19 DCNE

### 45.19.1 Função

Leitura de dados de associação de controlador não específico ao respectivo modelo.

### 45.19.2 Utilização

<b>Nc</b>	Número de identificação do Controlador Não Específico ao qual deverá ser associado o respectivo modelo.
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo de Controlador Não Específico, como definido no campo <i>CDU</i> dos códigos de execução <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> . Nesta versão, o modelo de Controlador Não Específico só pode ser do tipo definido pelo usuário.
<i>u</i>	Letra <i>U</i> , pois o modelo de Controlador Não Específico só pode ser definido pelo usuário através dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> .

### 45.19.3 Opções de execução disponíveis

- *DCNI*
- *WARN*

### 45.19.4 Exemplo

Listagem 45.17: Exemplo da aplicação do código *DCNE*

```

1 (=====
2 ( DEFINIÇÃO DA MALHA DE CONTROLE NAO ESPECIFICO
3 (=====
4 DCDU
5 (ncdu) ( nome cdu )
6     44 ITUMB-EOL345
7 (...
8 ( Definição da malha de controle
9 (...
10 FIMCDU
11 999999
12 (
13 (=====
14 ( ASSOCIACAO DO CONTROLE NAO ESPECIFICO AO RESPECTIVO MODELO
15 (=====
16 DCNE
17 (No) ( Mc )u
18     12     44u
19 999999

```

#### Ver também:

Consulte a seção *Controladores Definidos pelo Usuário* (CDUs) para maiores informações.

## 45.20 DCNV

### 45.20.1 Função

Leitura de dados de conversor e de associação de conversores aos respectivos sistemas de controle.

**Atenção:** É obrigatória a associação de conversores CC aos respectivos modelos de controle.

## 45.20.2 Utilização

<b>Nc</b>	Número de identificação do conversor ao qual serão associados os sistemas de controle.
<b>Gkb</b>	Fator de distribuição do sinal do balanceador de ordem de corrente, adimensional. (ver Seção <i>Modelos de Conversores CA-CC</i> )
<b>Amn</b>	Valor de <i>alpha</i> mínimo do conversor, em graus. Se for deixado em branco o programa assumirá o valor fornecido no <i>Anarede</i> .
<b>Gmn</b>	Valor de gama mínimo do conversor, em graus. Se for deixado em branco o programa assumirá o valor fornecido no <i>Anarede</i> . (Este campo só é usado se o conversor for operado como inversor. Caso o elo CC ao qual pertence o conversor esteja operando em modo “ <i>high Mvar consumption</i> ” este campo deverá ser preenchido com o valor de gama convergido no programa <i>Anarede</i> ).
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor, como definido no campo Número do código <i>DMCV</i> , ou no campo CDU do código <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> , em se tratando de uma topologia.
<i>u</i>	Letra U se o modelo de controle de conversor foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> .
<b>S1</b>	Número do modelo do primeiro sinal de modulação associado ao conversor.
<i>u</i>	Letra U se o modelo do primeiro sinal de modulação do conversor foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> , em se tratando de uma topologia.
<b>S2</b>	Número do modelo do primeiro sinal de modulação associado ao conversor.
<i>u</i>	Letra U se o modelo do primeiro sinal de modulação do conversor foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> , em se tratando de uma topologia.
<b>S3</b>	Número do modelo do primeiro sinal de modulação associado ao conversor.
<i>u</i>	Letra U se o modelo do primeiro sinal de modulação do conversor foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> , em se tratando de uma topologia.
<b>S4</b>	Número do modelo do primeiro sinal de modulação associado ao conversor.
<i>u</i>	Letra U se o modelo do primeiro sinal de modulação do conversor foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> , em se tratando de uma topologia.
<b>tap</b>	Número de identificação do modelo de controle de tap conversor, como definido no campo CDU do código <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> , em se tratando de uma topologia.
<i>u</i>	Letra U se o modelo de controle de tap conversor foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> , em se tratando de uma topologia.

## 45.20.3 Opções de execução disponíveis

- *BASE*
- *IERR*
- *WARN*

**Cuidado:** Quando utilizada a opção *IERR*, o caso será executado, porém a associação dos sistemas de controle do respectivo conversor será desconsiderada. Se usada com este código de execução, faz com que a seguinte **mensagem de erro** seja transformada em **mensagem de erro ignorado**:

- *Caso não possui conversor CA-CC*
- *Conversor inexistente*

## 45.20.4 Exemplo

Listagem 45.18: Exemplo da aplicação do código *DCNV*

```

1 (=====
2 ( DADOS PARA MODELOS TIPO 1 PREDEFINIDO DE CONVERSOR
3 (=====
4 DMCV MD01
5 ( Dados para o modelo - 1º registro
6 (Nm) (Vmn) (Tvp) (Tx1) (Td1) (Yal) (Tmx) (Amx) (Gmx) (Stx) F
7 01
8 ( Dados para o modelo - 2º registro
9 (Nm) (Tvd) (Tvs) (Vdn) (Vdx) (Frn) (Imn) (Imx) (Img) (Ki ) (Kp ) (To ) (Kcg)
10 01
11 999999
12 (
13 (=====
14 ( DADOS PARA MODELO CDU DE SINAL SE MODULACAO EM CONTROLDE DE CONVERSOR
15 (=====
16 DCDU
17 (ncdu) ( nome cdu )
18 100 SM02-CNV
19 ( ...
20 ( ALTERAÇÃO DOS PARÂMETROS DA TOPOLOGIA 100, CASO NECESSÁRIO
21 ( ...
22 FIMCDU
23 999999
24 (
25 (=====
26 ( DADOS DE CONVERSORES E ASSOCIACAO DE CONVERSORES AOS CONTROLES
27 (=====
28 DCNV
29 (No) (Gkb) (Amn) (Amx) (Gmn) ( Mc )u( S1 )u( S2 )u( S3 )u( S4 )u
30 25 5. 90. 01 100U
31 999999

```

### Ver também:

Para maiores detalhes quanto à modelagem das linhas e os demais componentes dos elos de corrente contínua, consultar a seção *Elos de Corrente Contínua LCC*. Para maiores detalhes à respeito da inserção de dados de modelos de conversores, consultar o código *DMCV*.

## 45.21 DCSC

### 45.21.1 Função

Leitura de dados de associação de *Compensadores Série Controláveis* aos seus modelos e respectivos modelos de estabilizador.

**Aviso:** Os *CSC*'s que não estiverem associados aos respectivos modelos serão convertidos automaticamente pelo programa para circuitos com impedâncias constantes.

## 45.21.2 Utilização

<b>De</b>	Número de identificação da barra <i>DE</i> à qual deverá ser associado o modelo de compensador série controlável e respectivo estabilizador. Os dispositivos de compensação série são modelados no programa <i>Anarede</i> através do código de execução <i>DCSC</i> do <i>Anarede</i> .
<b>Pa</b>	Número de identificação da barra <i>PARA</i> à qual deverá ser associado o modelo de <i>CSC</i> e respectivo estabilizador.
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo ao qual deverá ser associado o modelo de <i>CSC</i> e respectivo estabilizador. Se for deixado em branco, será considerado o primeiro circuito paralelo.
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo de <i>CSC</i> como definido no campo <i>No</i> do código de execução <i>DMCS</i> ou no campo <i>CDU</i> dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de <i>CSC</i> foi definido pelo usuário através dos código de execução <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> .
<b>Me</b>	Número de identificação do modelo de estabilizador aplicado em <i>CSC</i> como definido no campo <i>No</i> do código <i>DECS</i> ou no campo <i>CDU</i> dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de estabilizador aplicado em <i>CSC</i> foi definido pelo usuário através dos código <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> .

## 45.21.3 Opções de execução disponíveis

- *BASE*
- *IERR*
- *WARN*

**Cuidado:** Quando utilizada a opção *IERR*, o caso será executado, porém o modelo do compensador série não será associado. Se usada com este código de execução faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Caso não possui compensador série*
- *Barra CA da extremidade DE não existe*
- *Barra CA da extremidade PARA não existe*
- *Circuito não tem compensador série*
- *Circuito inexistente*

## 45.21.4 Exemplo

Listagem 45.19: Exemplo da aplicação do código DCSC

```

1 (=====
2 ( DADOS PARA MODELOS TIPO 1 PREDEFINIDO DE CSC
3 (=====
4 DMCS MD01
5 (No) (Ki) (Kp) (T1) (T2)
6 800 1.23 2.64 0.89 0.85
7 999999
8 (
9 (=====
10 ( DADOS PARA MODELO CDU DE SINAL ESTABILIZADOR EM CSC
11 (=====
12 DCDU
13 (ncdu) ( nome cdu )
14 94 estabil.-CSC

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

15 FIMCDU
16 999999
17 (
18 (=====
19 ( DADOS DE ASSOCIACAO DE CSC AOS CONTROLES
20 (=====
21 DCSC
22 ( De) ( Pa) Nc ( Mc )u ( Me )u
23 500 501 01 800 94U
24 999999

```

**Nota:** O exemplo ilustra a utilização do código *DCSC* para associação de um modelo de *CSC* (número 800, modelo tipo 01 predefinido) e respectivo modelo de sinal estabilizador (número 94, definido pelo usuário) ao *CSC* modelado no programa de fluxo de potência *Anarede* entre as barras CA de números 500 e 501 e circuito paralelo 01.

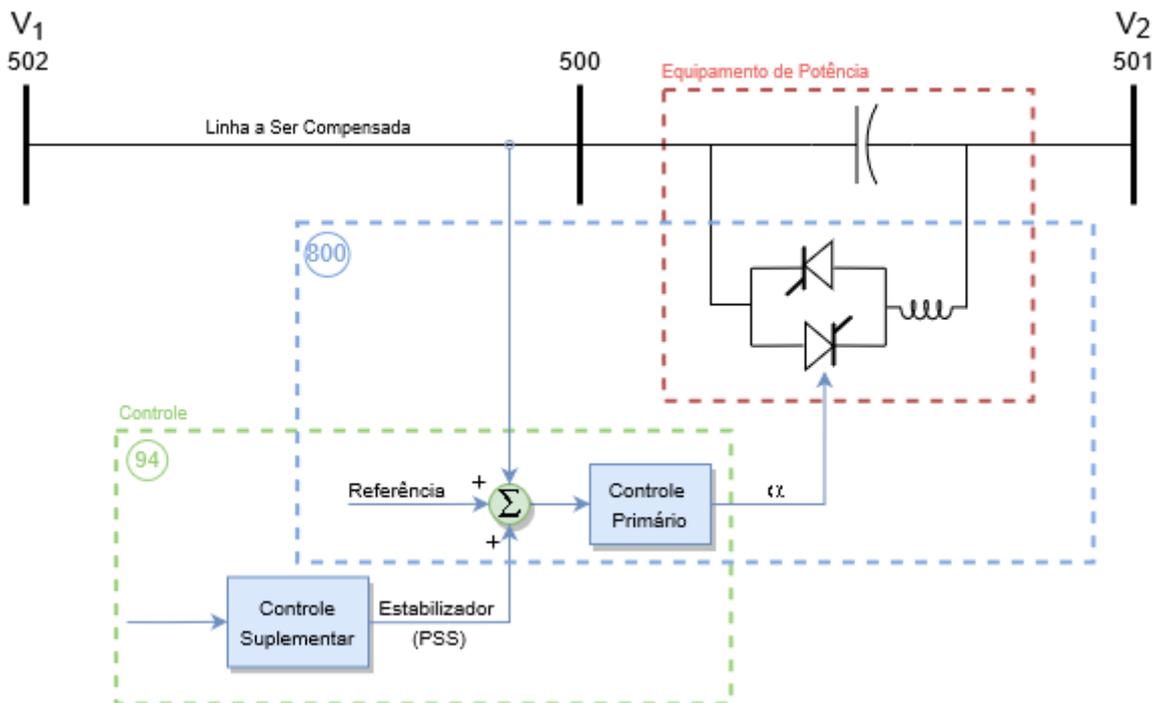


Fig. 45.3: Diagrama de blocos esquematizando o exemplo de utilização do código *DCSC* para a compensação de uma linha com um compensador tipo *TCSC*.

#### Ver também:

Consulte a seção *Compensadores Série Controláveis* para maiores informações.

## 45.22 DCST

### 45.22.1 Função

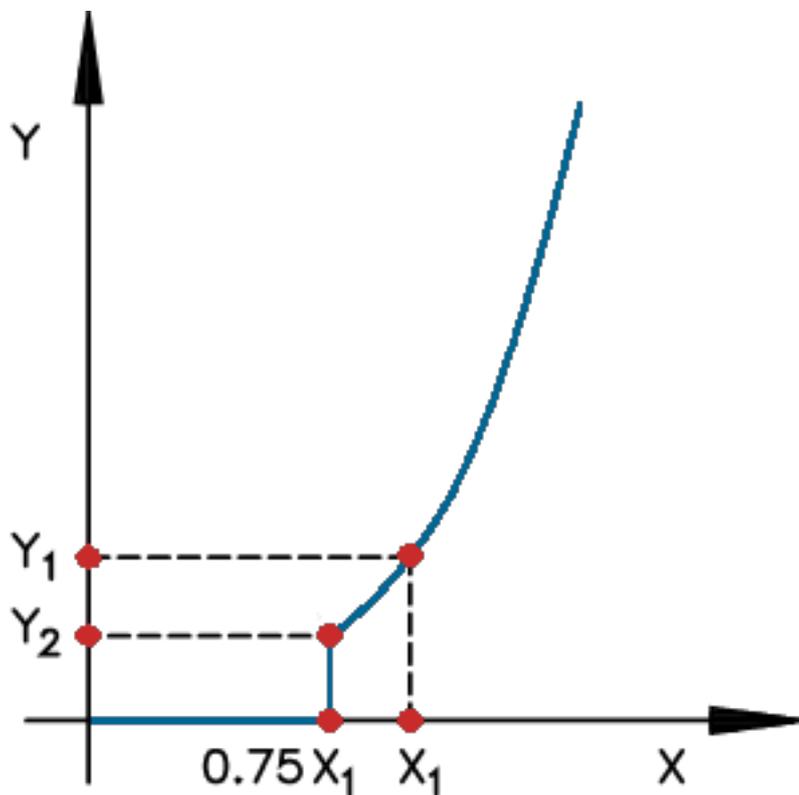
Leitura de dados de curvas de saturação. As curvas de saturação podem ser referenciadas por modelos de gerador (código de execução *DMDG*) e/ou modelos de regulador de tensão (código *DRGT*).

### 45.22.2 Utilização

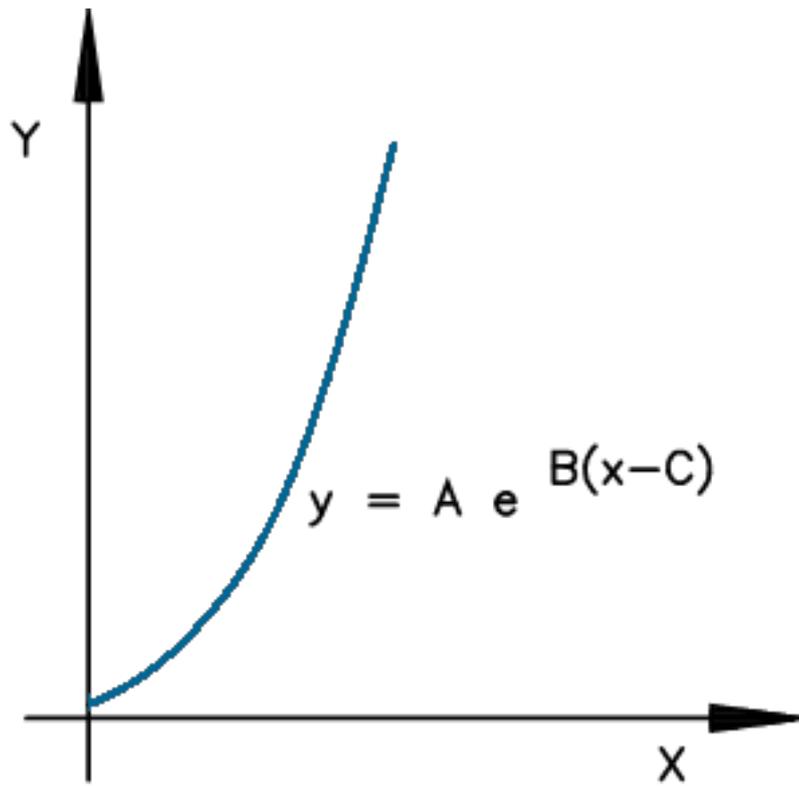
Existem quatro curvas disponíveis, possuindo todas a mesma régua de preenchimento, conforme a tabela a seguir:

<b>Nc</b>	Número de identificação da curva de saturação a ser utilizada no campo Cs do código <i>DMDG</i>
<b>Tipo</b>	Indica o tipo de equação usada para a curva de saturação
<b>P1</b>	Valor de $Y_1$ para o Tipo 1, Tipo 3 e Tipo 4 ou valor de $A$ para o Tipo 2.
<b>P2</b>	Valor de $Y_2$ para o Tipo 1, Tipo 3 e Tipo 4 ou valor de $B$ para o Tipo 2.
<b>P3</b>	Valor de $X_1$ para o Tipo 1, Tipo 3 e Tipo 4 ou valor de $C$ para o Tipo 2.

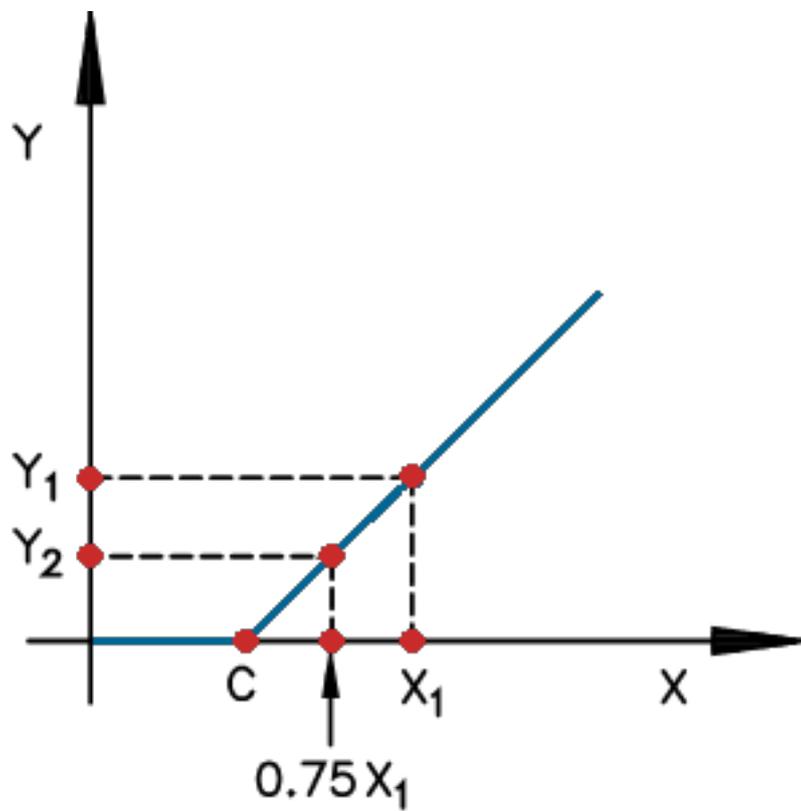
#### Tipo 1



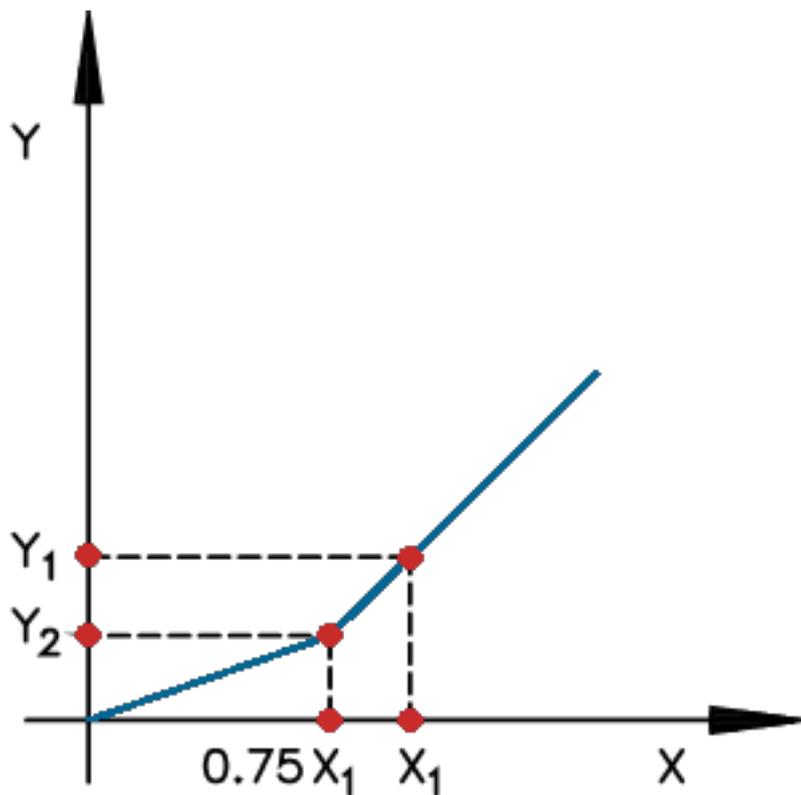
#### Tipo 2



Tipo 3



Tipo 4



### 45.22.3 Opções de execução aplicáveis

- *WARN*

### 45.22.4 Exemplo

Listagem 45.20: Exemplo da aplicação do código DCST

```

1 (=====
2 ( CURVAS DE SATURACAO
3 (=====
4
5 DCST
6 (..... Curvas de Saturacao de Geradores
7 (No)  T ( Y1 ) ( Y2 ) ( X1 )
8 (..... Curva 1
9 0001  2   0.016   8.198   0.8
10 (..... Curva 2
11 0002  2   0.013   7.92   0.8
12 (
13 (..... Curvas de Saturacao das Excitatrizes
14 (      (para modelos predefinidos)
15 (No)  T ( Y1 ) ( Y2 ) ( X1 )
16 (..... Curva 31
17 0031  2   .0147   1.206
18 (..... Curva 32
19 0032  2   0.024   1.36
20 999999

```

**Ver também:**

Para maiores detalhes acerca do preenchimento das curvas de saturação, ver *Modelos de Curva de Saturação*.

**45.23 DCTE****45.23.1 Função**

Leitura e modificação dos dados de constantes utilizadas no programa. A especificação da constante a ser modificada é efetuada através do mnemônico correspondente.

**Atenção:** É importante ressaltar que a alteração de qualquer constante deve ser efetuada **antes** da utilização de algum código de execução que seja afetado por ela.

Os códigos e os correspondentes valores iniciais das constantes possíveis de serem alterados são:

**TETE**

Tolerância de convergência em erro absoluto de tensão em barras CA e CC. (*default*: 0.0001%)

**TEMD**

Tolerância de convergência em erro relativo das variáveis dos modelos CA-CC. (*default*: 0.0001%)

**TABS**

Tolerância de convergência em erro absoluto das variáveis dos modelos CA-CC. (*default*: 1e-7)

**TEPQ**

Tolerância para verificação de convergência de fluxo de potência. (*default*: 1%)

**LCRT**

Número máximo de linhas por página de relatório na *Unidade Lógica #6*. (*default*: 30)

**LPRT**

Número máximo de linhas por página de relatório na *Unidade Lógica #4*. (*default*: 60)

**IMDS**

Número máximo de iterações na solução dos modelos CA. (*default*: 10)

**IACS**

Número máximo de iterações na solução da rede CA. (*default*: 10)

**IACE**

Número máximo de iterações na solução da rede CA pós-impacto. (*default*: 300)

**ITMI**

Número máximo de iterações na Análise de Multi-Infeed. (*default*: 100)

**MRAC**

Número máximo de iterações na solução da interface Modelos CA - Rede CA. (*default*: 30)

**MRDC**

Número máximo de iterações na solução da interface Modelos CC - Rede CC. (*default*: 100)

**ITMR**

Número máximo de iterações na solução das interfaces Modelo CA - Rede CA e Modelos CC - Rede CC. (*default*: 20)

**PFFB**

Constante de tempo para filtragem, com função de transferência  $\frac{1}{(1+sT)}$ , de todos os sinais de medição de frequência de barras CA. (*default*: 0.02s)

**PRDA**

Profundidade da recursão do algoritmo da opção *DLCA*. (*default*: 10)

**AMX1**

Ângulo máximo do eixo q das máquinas síncronas em relação ao centro de massa da respectiva ilha elétrica, que ao ser atingido fará o programa emitir uma mensagem de possível perda de sincronismo. Esta mensagem será emitida apenas uma vez para cada máquina durante a simulação. (default: 360:math:°)

**AMX2**

Ângulo máximo do eixo q das máquinas síncronas em relação ao centro de massa da respectiva ilha elétrica, que ao ser atingido fará com que o programa interrompa a simulação. (default: 1000:math:°)

**TBID**

Tolerância para verificação de blocos de CDU com inicialização duvidosa. Por exemplo, blocos integradores não saturados que tiverem o módulo da entrada maior que esta tolerância serão indicados como tendo inicialização duvidosa, o que pode significar uma inicialização não exatamente de regime permanente. Isto ocorre geralmente por atuação de algum limitador temporizado ativado pelas condições iniciais do fluxo de potência ou devido ao uso incorreto de instruções de inicialização (DEFVAL) no CDU. (default: 1e-9)

**TSAD**

Constante de tempo para solução desacoplada entre os processos iterativos CA e CC quando houver a não convergência entre esses laços e a opção SAD2 ou SAD3 estiver habilitada. (default: 0.01s)

**FFLX**

Número de passos de integração a ser utilizado pela opção FLX2 (default: 5)

### 45.23.2 Utilização

<b>Ct</b>	Mnemônico correspondente à constante a ser modificada.
<b>Val</b>	Valor da constante, fornecido nas seguintes unidades: <ul style="list-style-type: none"> <li>• TABS, TBID - Em valor absoluto;</li> <li>• TETE, TEMD, TEPQ - Em %;</li> <li>• PFFB, TSAD - Em segundos;</li> <li>• AMX1, AMX2 - Em graus;</li> <li>• LCRT, LPRT, IMDS, IACS, IACE, MRAC, MRDC, ITMR - Adimensional;</li> </ul>

### 45.23.3 Exemplo

Listagem 45.21: Exemplo da aplicação do código DCTE

```

1 (=====
2 ( ALTERACAO DAS CONSTANTES DE SIMULACAO
3 (=====
4 DCTE
5 ( Tolerancia para convergencia de tensao:
6 (Ct) (Val )
7 TETE .01
8 (
9 ( Numero de linhas por pagina do relatorio:
10 (Ct) (Val )
11 LCRT 50
12 999999
    
```

**Ver também:**

Consulte também as seções *Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho* e *Métodos de Solução usados no Programa* para maiores informações.

## 45.24 DDFM

### 45.24.1 Função

Leitura de dados de *associação de máquina de indução com dupla alimentação (DFIG)* aos respectivos modelos e sistemas de controle.

## 45.24.2 Utilização

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra de geração à qual deverá ser associada o modelo de máquina de indução com dupla alimentação e respectivos sistemas de controle.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento. Em uma barra de geração podem estar conectados um ou mais grupos de máquina de indução com dupla alimentação. Um grupo de máquina de indução com dupla alimentação pode ser constituído por uma ou mais unidades idênticas.
<i>P</i>	Fator que define o percentual da potência ativa gerada na barra pelo grupo de equipamentos. Se deixado em branco, será considerado igual a 100%. A soma dos fatores dos grupos de equipamentos de uma barra de geração tem que totalizar 100%. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> .
<i>Q</i>	Fator que define o percentual da potência reativa gerada na barra pelo grupo de equipamento. Se deixado em branco, será considerado igual a 100%. A soma dos fatores dos grupos de equipamentos de uma barra de geração tem que totalizar 100%. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> .
<i>Und</i>	Número de unidades iguais que constituem um grupo de equipamentos equivalente. Se for deixado em branco será considerado 1 unidade.
<b>Mg</b>	Número de identificação do modelo de máquina de indução com dupla alimentação, como definido no campo <i>No</i> do código de execução <i>DMDF</i> .
<b>Mt</b>	Número de identificação do modelo de turbina eólica, como definido no campo <i>CDU</i> dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de turbina eólica foi definido pelo usuário através dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>DTDU</i> . Atualmente só há modelo <i>CDU</i> .
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo do CC <i>VSI</i> conectado entre o estator e o rotor da máquina, como definido no campo <i>CDU</i> dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de elo CC <i>VSI</i> conectado entre o estator e o rotor da máquina foi definido pelo usuário através dos códigos <i>DCDU</i> ou <i>DTDU</i> . Atualmente só há modelo <i>CDU</i> .
<i>Xvd</i>	Reatância de compensação de queda de tensão (“ <i>Line Drop Compensation Reactance</i> ”) para o cálculo do sinal de entrada do regulador de tensão (sinal <i>VDFM</i> ), em % na base de uma unidade do equipamento. O sinal <i>VDFM</i> é uma tensão calculada pela subtração da tensão da barra controlada com a queda de tensão na reatância de compensação, usando a corrente terminal do equipamento.
<i>Nbc</i>	Número de identificação da barra a ser controlada pelo equipamento. Quando for deixado em branco, o número da barra controlada será o mesmo da barra terminal do equipamento.
<b>Slip</b>	Valor inicial de escorregamento (em pu), ou número do <i>CDU</i> a partir do qual será calculado o valor do escorregamento inicial. A identificação do tipo de preenchimento deste campo é dada pela coluna <i>u</i> à direita deste campo, sendo que, ao ser informado o número do <i>CDU</i> neste campo, é necessário que este seja um <b>número inteiro positivo</b> .
<i>u</i>	Caso a inicialização do escorregamento inicial seja calculada via <i>CDU</i> , este campo deve ser preenchido com o caractere <i>U</i> . Se o escorregamento inicial for informado em pu no campo <i>Slip</i> , à esquerda deste campo, este campo deve ser deixado em branco.
<b>R</b>	Define eixos de referência para variáveis de controle do conversor ligado ao rotor, sendo preenchido com 1 se eixo <i>q</i> orientado na direção do fasor da tensão terminal $V_s$ ou 2 se o eixo <i>d</i> orientado na direção do fluxo do estator $\lambda_s$ . Usar preferencialmente referência tipo 2.  <b>Nota:</b> As referências de eixo tipos 1 e 2 são idênticas se a resistência do estator da máquina for nula.
<b>I</b>	Define tipo de inicialização, sendo preenchido com 1 se o controle de tensão pelo conversor ligado ao estator e da corrente $I_d$ do rotor em valor nulo ( $I_d = 0$ ) ou 2 se o controle de tensão pelo conversor ligado ao rotor e conversor ligado ao estator com fator de potência unitário ( $Q_c = 0$ ). Usar preferencialmente a inicialização tipo 2.

## 45.24.3 Exemplo

Listagem 45.22: Exemplo da aplicação do código DDFM

```

1 (=====
2 ( DEFINICAO DOS MODELOS DE CDU PARA TURBINA E CONVERSOR PARA O GERADOR EOLICO DE
  ↳INDUCAO
3 (=====
4 DCDU
5 (ncdu) ( nome cdu )
6 19901 EOL-TURBINA
7 ( ...
8 ( Definição da malha de controle para a turbina eólica
9 ( ...
10 FIMCDU
11 (ncdu) ( nome cdu )
12 29901 EOL-CONVERSR
13 ( ...
14 ( Definição da malha de controle para o conversor
15 ( ...
16 FIMCDU
17 999999
18 (=====
19 ( DEFINICAO DO MODELO DO GERADOR EOLICO DE INDUCAO
20 (=====
21 DMDF
22 (No) ( Rs )( Xs )( Xm )( Rr )( Xr )( H )( D )(HPb )(Xtrf)(Strf)
23 100 0.630 10.58 605.9 0.780 11.92 4.564 2955. 1000. 0.32
24 999999
25 (=====
26 ( ASSOCIACAO DE MODELOS DE GERADOR EOLICO DE INDUCAO
27 (=====
28 DDFM
29 ( Nb) Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mc )u(Xvd )(Nbc) ( Slip )uR I
30 9901 10 100 100 2 100 19901U 29901U -0.25 2 2
31 999999

```

### Ver também:

Para maiores informações sobre modelos de geração eólica baseada em geradores DFIG, consulte a seção *Geradores Eólicos DFIG*.

## 45.25 DECS

### 45.25.1 Função

Leitura de dados de modelos predefinidos de estabilizador aplicado em compensador série controlável.

## 45.25.2 Utilização

### DECS MD01

<b>No</b>	Número de identificação do modelo predefinido de estabilizador aplicado em <i>CSC</i> .
<b>K</b>	Ganho do bloco ATRASO, em pu .
<b>T1</b>	Constante de tempo do bloco ATRASO, em segundos.
<b>T2</b>	Constante de avanço do primeiro bloco LEAD-LAG, em segundos.
<b>T3</b>	Constante de atraso do primeiro bloco LEAD-LAG, em segundos.
<b>T4</b>	Constante de avanço do segundo bloco LEAD-LAG, em segundos.
<b>T5</b>	Constante de atraso do segundo bloco LEAD-LAG, em segundos.
<b>Nb</b>	Número de identificação da barra de geração onde o estabilizador aplicado em <i>CSC</i> . importará o sinal de velocidade angular ( $\omega$ ). Se for deixado em branco este importará o sinal. de velocidade angular média da ilha elétrica onde está localizado o <i>CSC</i> .
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo do <i>CSC</i> .

## 45.25.3 Opções de execução aplicáveis

- *MD01*
- *WARN*

## 45.25.4 Exemplo

Listagem 45.23: Exemplo da aplicação do código DECS

```

1 (=====
2 ( MODELOS PREDEFINIDOS DE ESTABILIZADORES EM COMPENSADORES SERIE CONTROLAVEIS
3 (=====
4 DECS MD01
5 (No) ( K )(T1 )(T2 )(T3 )(T4 )(T5 )( Nb)Mq
6 20 22.78 1.5 0.02.2927 12.0 1.0
7 999999

```

### Ver também:

Consulte a seção *Compensadores Série Controláveis* para maiores informações.

## 45.26 DELO

### 45.26.1 Função

Leitura de dados de associação de elos CC aos modelos definidos através do código *DMEL* (modelos *built-in*) ou por *CDU*.

## 45.26.2 Utilização

<b>Ne</b>	Número de identificação do elo CC.
<b>M+</b>	Número de identificação do modelo para o polo <b>positivo</b> do elo CC, como definido no campo <i>Número</i> do código de execução <i>DMEL</i> ou no campo <i>CDU</i> do código <i>DCDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo para o polo <b>positivo</b> do elo CC foi definido pelo usuário através do código de execução <i>DCDU</i> .
<b>M-</b>	Número de identificação do modelo para o polo <b>negativo</b> do elo CC, como definido no campo <i>Número</i> do código de execução <i>DMEL</i> ou no campo <i>CDU</i> do código <i>DCDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo para o polo <b>negativo</b> do elo CC foi definido pelo usuário através do código de execução <i>DCDU</i> .

## 45.26.3 Opções de execução disponíveis

- *BASE*
- *IERR*
- *WARN*

**Cuidado:** Quando utilizada a opção *IERR*, o caso será executado, porém não será realizada a associação do Elo CC ao seu respectivo modelo. Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Caso não possui elo CC*
- *Elo CC não existe*
- *Polo positivo do elo não existe*
- *Polo negativo do elo não existe*

## 45.26.4 Exemplo

Listagem 45.24: Exemplo da aplicação do código *DELO*

```

1 (=====
2 ( DADOS DE MODELOS PREDEFINIDOS DE ELOS CCAT
3 (=====
4 DMEL MD01
5 (
6 ( Modelo com controle de corrente
7 (No)  C (Tbp)
8 0010  C
9 (
10 ( Modelo com controle de potencia
11 (No)  C (Tbp)
12 0020  P
13 (
14 999999
15 (
16 (=====
17 ( DADOS DE ASSOCIACAO DE ELOS CCAT
18 (=====
19 DELO
20 (Ne)  ( M+ )u( M- )u

```

(continua na próxima página)

21	0001	10	10
22	0002	10	20
23	0003	10	100u
24	0004	110u	
25	999999		

**Nota:** O exemplo ilustra a utilização do código *DELO* para associação de elos CC aos respectivos modelos:

- O elo 1 utiliza o modelo predefinido tipo 1 número 10 para ambos os polos, positivo e negativo. Todos os conversores deste elo deverão usar modelos predefinidos.
- O elo 2 utiliza o modelo predefinido tipo 1 número 10 para o polo positivo e o modelo predefinido tipo 1 número 20 para o polo negativo. Todos os conversores deste elo deverão usar modelos predefinidos.
- O elo 3 utiliza o modelo predefinido tipo 1 número 10 para o polo positivo e o modelo definido pelo usuário número 100 para o polo negativo. Todos os conversores do polo positivo deverão usar modelos predefinidos enquanto todos os conversores do polo negativo deverão usar modelos definidos pelo usuário.
- O elo 4 só possui polo positivo e utiliza o modelo definido pelo usuário número 110 para este polo. Todos os conversores deste polo deverão usar modelos predefinidos.
- Supondo que haja um elo 5 cujos conversores utilizam modelos definidos pelo usuário. No presente exemplo não se associou um modelo para este elo.

#### Ver também:

Para maiores informações acerca dos modelos de elos CC disponíveis e sua utilização, consulte *Elos de Corrente Contínua LCC* e o código *DMEL*. Para maiores informações a respeito dos modelos de conversores CA-CC disponíveis, consulte o código *DCNV*.

## 45.27 DERA

### 45.27.1 Função

Leitura de dados do Esquema Regional de Alívio de Carga (ERAC).

## 45.27.2 Utilização

Dados do ERAC (primeira régua)

<b>Ne</b>	Número de identificação do ERAC.
<b>tp</b>	Tipo do elemento, sendo preenchido como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>BARR</i> se o elemento for uma barra;</li> <li>• <i>AREA</i> se o elemento for uma área;</li> <li>• <i>TENS</i> se o elemento for uma base de tensão.</li> </ul>
<b>no</b>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento.
<b>C</b>	Primeira condição, preenchida como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>A</i> Especifica uma condição de intervalo;</li> <li>• <i>E</i> Especifica uma condição de união.</li> </ul>
<b>tp</b>	Tipo do elemento definido para a primeira condição ( <i>BARR</i> , <i>AREA</i> ou <i>TENS</i> ).
<b>no</b>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento definido para a primeira condição.
<b>C</b>	Condição principal, preenchida como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>X</i> para a diferença entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições;</li> <li>• <i>E</i> para a união entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições;</li> <li>• <i>X</i> para a interseção entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições.</li> </ul>
<b>tp</b>	Tipo do elemento definido para a condição principal ( <i>BARR</i> , <i>AREA</i> ou <i>TENS</i> ).
<b>no</b>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento definido para a condição principal.
<b>C</b>	Segunda condição, preenchida como: <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>A</i> Especifica uma condição de intervalo;</li> <li>• <i>E</i> Especifica uma condição de união.</li> </ul>
<b>tp</b>	Tipo do elemento definido para a segunda condição ( <i>BARR</i> , <i>AREA</i> ou <i>TENS</i> ).
<b>no</b>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento definido para a segunda condição.
<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde será calculada a frequência para atuação. Se deixado em branco, o ERAC atuará com a frequência média da ilha elétrica. A medição de frequência de barra está sujeita a uma filtragem com função de transferência $\frac{1}{(1+sT)}$ , cuja constante de tempo <i>T</i> pode ser alterada pelo código <i>DCTE</i> através do mnemônico <i>PFFB</i> .
<b>F<sub>s</sub></b>	Frequência de supervisão, em pu. Frequência a partir da qual o cálculo da taxa de variação de frequência é ativado para o corte de carga. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por taxa de variação de frequência.
<b>F<sub>c</sub></b>	Frequência de corte, em pu. Frequência na qual o cálculo da taxa de variação de frequência é efetuado para o corte de carga. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por taxa de variação de frequência.
<b>O</b>	Letra <i>M</i> se a função do ERAC é de simples monitoração ou letra <i>A</i> caso este atue automaticamente no alívio de carga.

**Nota:** Das barras selecionadas pelas informações contidas nos campos relativos à primeira condição e à condição principal, só serão usadas para o corte de carga pelo ERAC aquelas que tiverem carga com potência ativa maior que zero. A barra de controle tem que pertencer ao conjunto de barras selecionadas, porém não precisa ter carga com potência ativa positiva ligada a ela.

### Estágios do ERAC (segunda régua)

(	Letra relativa à lógica de alívio de carga do relé de subfrequência, preenchida como <i>A</i> para frequência absoluta, <i>T</i> para taxa de variação da frequência ou <i>O</i> frequência absoluta ou taxa de variação de frequência (valor <i>default</i> )
<b>Tax</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o corte de carga, em pu/s. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por taxa de variação de frequência.
<b>Fr</b>	Frequência de retaguarda associada ao estágio. Ajustada para o corte de carga por frequência absoluta, em pu. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por frequência absoluta.
<b>%C</b>	Percentagem de corte de carga das barras selecionadas. O valor absoluto de corte de cada carga é calculado a partir do valor da carga em $t = 0$ .
<b>Ttx</b>	Temporização de retardo total do relé por taxa de variação de frequência, em segundos. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por taxa de variação de frequência.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé do ERAC atuar, em segundos. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por frequência absoluta. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante que recebeu o comando do ERAC para atuação até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. Este dado só deve ser fornecido no caso do ERAC atuar por frequência absoluta.

### 45.27.3 Opções de execução disponíveis

- *BASE*
- *IERR*
- *WARN*

**Cuidado:** Quando utilizada a opção *IERR*, o caso será executado, porém os dados do ERAC serão desconsiderados. Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Barra de monitoração de frequência não existe*
- *Barra de monitoração de frequência não pertence à zona de controle*
- *ERAC sem barras de carga encontradas*

### 45.27.4 Exemplo

Listagem 45.25: Exemplo da aplicação do código DERA

```

1 (=====
2 ( MODELO DE ERAC DE ATUACAO POR TAXA DE VARIACAO DE FREQUENCIA
3 (=====
4 DERA IMPR
5 ( ----- DADOS DO ERAC E SELECAO DE BARRAS -----
6 (Ne) (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) ( Nb) (Fs ) (Fc ) O
7   10 AREA      1 A AREA      10 X BARR      100 E BARR      200      129 .9950 .9867 A

```

(continua na próxima página)

```

8 (
9 ( ----- ESTAGIOS DO ERAC -----
  ↳ ---
10 ( (Tax) (Fr ) ( %C) (Ttx) (Tre) (Tdj)
11 0 .0100 .9700    7 0.20  0.0
12 0 .0150 .9700    7 0.50  0.5
13 0 .0225 .9550    7 0.80  0.0
14 0 .0287 .9550    7 1.10  0.5
15 0 .0333 .9417    7 1.40  0.0
16 FIMERAC
17 (
18 ( ----- DADOS DO ERAC E SELECAO DE BARRAS -----
  ↳ ---
19 (Ne) (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) ( Nb) (Fs ) (Fc ) O
20  20 AREA    35                                     A
21 (
22 ( ----- ESTAGIOS DO ERAC -----
  ↳ ---
23 ( (Tax) (Fr ) ( %C) (Ttx) (Tre) (Tdj)
24 A      .9700    10      0.35
25 A      .9650    10      0.35
26 A      .9600    10      0.35
27 A      .9550    10      0.35
28 FIMERAC
29 (
30 999999

```

**Ver também:**

Para maiores detalhes acerca da linguagem de seleção, consulte *Linguagem de Seleção*.

## 45.28 DEST

### 45.28.1 Função

Leitura de dados de modelos predefinidos de estabilizador aplicado em regulador de tensão

### 45.28.2 Utilização

Existem 12 modelos disponíveis, acessados por meio das opções *MD01* a *MD12*. Alguns dos modelos apresentam duas réguas de preenchimento.

### 45.28.3 Opções de execução disponíveis

- *MD01*
- *MD02*
- *MD03*
- *MD04*
- *MD05*
- *MD06*
- *MD07*
- *MD08*
- *MD09*
- *MD10*
- *MD11*
- *MD12*
- *WARN*

## 45.28.4 Exemplo

Listagem 45.26: Exemplo da aplicação do código DEST

```

1 (=====
2 ( MODELOS PREDEFINIDOS DE ESTABILIZADORES (PSS) EM REGULADOR DE TENSAO
3 (=====
4 DEST MD07
5 (No) (Kp) (T1) (T2) (T3) (T4) (T5) (TR) (Ven) (Vex) (Vpn) (Vpx)
6 0015 22.78 1.5 0.02.2927 12.0 1.0 0.0-.050 .050-999. 999.
7 999999

```

### Ver também:

Para maiores detalhes acerca do preenchimento dos modelos de reguladores de estabilizadores, ver *Modelos Pre-definidos de Estabilizador Aplicado em Regulador de Tensão*.

## 45.29 DEVS

### 45.29.1 Função

Leitura de dados de *equipamentos FACTS VSI*.

### 45.29.2 Utilização

<b>Ne</b>	Número de identificação do Equipamento FACTS VSI.
<b>Vbdc</b>	Tensão base do sistema CC do equipamento, em kV.
<b>Pbdc</b>	Potência base do sistema CC do equipamento, em MW.
<i>Identifi- ca- cao</i>	Nome do Equipamento FACTS VSI (identificação alfanumérica).
<b>Ccc</b>	Valor de capacitância do capacitor equivalente do lado CC, em $\mu F$ .
<i>Rcc</i>	Valor de resistência “ <i>shunt</i> ” opcional de descarga do capacitor CC, em ohms. Recomenda-se não utilizar este campo, por enquanto, uma vez as perdas deste resistor ainda não podem ser computadas na inicialização (necessita-se de modelo no fluxo de potência) e irão gerar um pequeno transitório inicial.
<i>Vcci</i>	Valor inicial para a tensão do capacitor CC, em kV.
<i>Tipo</i>	Identifica o tipo de Equipamento FACTS VSI. Este campo tem como utilidade sinalizar para o programa qual estratégia de inicialização utilizar (uma vez que este tipo de equipamento ainda não está modelado no <i>Anarede</i> e irá substituir algum outro elemento já existente) e facilitar a verificação pelo programa de quantos e quais tipos de conversores <i>VSI</i> (fornecidos pelo código <i>DVSI</i> ) serão permitidos no equipamento. Na presente versão do <i>Anatem</i> , este campo deverá ser preenchido com <i>STATCOM</i> (equipamento para controle de tensão, composto de um único terminal em conexão <i>shunt</i> ), <i>SSSC</i> (equipamento para controle de potência ativa, composto de um único terminal em conexão série) ou equipamento genérico, podendo ter vários terminais, tanto em conexão <i>shunt</i> quanto em conexão série. Nenhuma verificação é feita pelo programa, neste caso.

**Nota:** Para a inicialização dos Equipamento FACTS VSI é utilizada a seguinte estratégia:

- 1) Um conversor *VSI* do equipamento que esteja em conexão do tipo *shunt* irá substituir um grupo de compensador estático *shunt* definido no *Anarede*, de forma a manter o fluxo de potência inalterado. O compensador estático deverá estar dentro da faixa de controle (sem limitação), pois nesta região a curva estática de controle é idêntica à de um *STATCOM*.

- 2) Um conversor VSI do equipamento que esteja em conexão do tipo série irá substituir um *Compensadores Série Controláveis* (TCSC) definido no *Anarede*, de forma a manter o fluxo de potência inalterado. O compensador série deverá estar dentro da faixa de controle (sem limitação), pois nesta região a curva estática de controle é idêntica à de um TCSC.

### 45.29.3 Exemplo

Listagem 45.27: Exemplo da aplicação do código DEVS

```

1 (=====
2 ( DADOS DE EQUIPAMENTOS FACTS VSI
3 (=====
4 DEVS
5 (Ne) (Vbdc) (Pbdc) ( Identificacao ) ( Ccc) ( Rcc) (Vcci) ( Tipo)
6 11 50. 500. FACTS VSI 1 500. 50. STATCOM
7 12 50. 500. FACTS VSI 2 500. 50. SSSC
8 999999
    
```

**Ver também:**

Consulte a seção *Equipamentos FACTS VSI* para maiores informações quanto a modelagem e representação dos equipamentos *STATCOM* e *SSSC*. Para maiores informações a respeito da definição e associação aos conversores *VSI*, consulte os códigos de execução *DVSI* e *DAVS*, respectivamente.

## 45.30 DEVT

### 45.30.1 Função

Os eventos são pontos centrais na simulação de transitórios eletromecânicos e podem ser definidos por meio do código *DEVT*. É neste código de execução em que são definidos curto-circuitos, cortes de geração e carga, desligamento de circuitos e outras mudanças topológicas no sistema. Os eventos são sempre aplicados de maneira pontual no sistema.

### 45.30.2 Utilização

A régua de preenchimento deste código é dependente do tipo de evento a ser aplicado. Para todos os eventos, os seguintes campos são obrigatórios:

<b>Tp</b>	Identificador do evento a ser aplicado
<b>Tempo</b>	Instante de ocorrência do evento, em segundos

**Atenção:** É possível efetuar variações relativas (campo %) e absolutas (campo *Abs*) em alguns eventos. Para estes eventos, o novo valor da grandeza alterada pelo evento é dado pelas seguintes expressões:

$$V_{new} = V_{old} + \Delta V$$

$$\Delta V = V_0 \cdot \frac{Evt\%}{100} + Evt_{Abs}$$

sendo:

- $V_{new}$  - valor da grandeza após evento
- $V_{old}$  - valor da grandeza antes do evento

$\Delta V$  - variação da grandeza provocada pelo evento

$V_0$  - valor da grandeza em  $t = 0$

$Evt_{\%}$  - variação percentual provocada pelo evento

$Evt_{Abs}$  - variação absoluta provocada pelo evento

Os demais parâmetros dependem de acordo com os eventos apresentados nas respectivas páginas.

## Eventos em Barras CA

### APCB

Aplicação de curto-circuito franco (trifásico) ou com impedância em barra CA (opcional). O curto-circuito permanece ativo enquanto não for eliminado por meio do evento de remoção de curto-circuito RMCB.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
<i>Rc</i>	Resistência da impedância de curto-circuito na rede CA, em % ( <i>default</i> = 0)
<i>Xc</i>	Reatância da impedância de curto-circuito na rede CA, em % ( <i>default</i> = 0)

**Dica:** Para a simulação de curto-circuito fase-terra, o valor da impedância de curto-circuito deverá corresponder à soma das impedâncias equivalentes de sequência negativa e zero do sistema visto do ponto de falta.

**Dica:** O evento APCC simula de maneira aproximada o comportamento esperado de um curto-circuito fase-terra, não requerendo a informação da impedância de curto-circuito.

### APCC

Afundamento de tensão (simulação de curto-circuito monofásico) em barra CA. Neste evento calcula-se a impedância de falta necessária para levar ao afundamento de tensão desejado, sendo que o valor de afundamento obtido sofre pequenas variações devido às injeções de corrente representadas por fora da matriz de admitância de barra.

O curto-circuito permanece ativo enquanto não for eliminado por meio do evento de remoção de curto-circuito RMCB. É permitido também dividir a aplicação do curto-circuito em estágios, caso o sistema apresente problemas de convergência em uma única etapa.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
<i>%</i>	Percentual de afundamento da tensão na barra CA em relação a tensão pré-falta (relativa ao valor do step anterior a aplicação do evento)
<i>Abs</i>	Tensão-objetivo para o afundamento de tensão na barra CA em curto-circuito ( <i>default</i> = 0.65)
<i>Un</i>	Número de estágios para a aplicação da impedância de falta ( <i>default</i> = 1)

**Dica:** É permitido utilizar uma tensão-objetivo superior à tensão no momento do evento

### RMCB

Remoção de curto-circuito em barra CA. Este evento remove curto-circuito provocado pelos códigos APCB e APCC.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
-----------	--

### DBCA

Desliga barra CA e todos os equipamentos conectados.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
-----------	--

### LBCA

Liga barra CA com todos os elementos passivos previamente ligados. Equipamentos que possuem modelo dinâmicos não são religados durante esse processo. Os circuitos são religados conforme seu estado operativo prévio ao desligamento da barra.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
-----------	--

## Eventos em Cargas

### Eventos de Carga Estática

#### MDLD

Modificação módulo da carga, mantendo o fator de potência. Este evento pode entrar em conflito com *CDU*'s que atuem sobre o controle de carga em barra (*STLDM*, *STLDP*, *STLDQ*). Ao menos um dos seguintes parâmetros precisa ser informado: *Abs* ou *%*.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
<i>%</i>	Varição percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) do valor da carga a ser modificada
<i>Abs</i>	Varição absoluta da carga a ser modificada

#### MDLP

Modificação módulo da carga ativa. Este evento pode entrar em conflito com *CDU*'s que atuem sobre o controle de carga em barra (*STLDM*, *STLDP*). Ao menos um dos seguintes parâmetros precisa ser informado: *Abs* ou *%*.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
<i>%</i>	Varição percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) do valor da carga a ser modificada
<i>Abs</i>	Varição absoluta da carga ativa a ser modificada

#### MDLQ

Modificação módulo da carga reativa. Este evento pode entrar em conflito com *CDUs* que atuem sobre o controle de carga em barra (*STLDM*, *STLDQ*). Ao menos um dos seguintes parâmetros precisa ser informado: *Abs* ou *%*.

<b>EI</b>	Identificador da barra associado ao evento
<i>%</i>	Varição percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) do valor da carga a ser modificada
<i>Abs</i>	Varição absoluta da carga reativa a ser modificada

### Eventos de Carga Dinâmica

Não existem eventos implementados para carga dinâmica. Cargas dinâmicas são, normalmente, alteradas por meio de aplicação de evento *TCDU* em referência do controle *CDU* da carga.

## Eventos em Shunt

### MDSH

Modificação de *shunt* equivalente (*Abs* ou %) ou número de unidades de banco shunt (individualizado) em barra CA (*Un*).

Ao menos um dos seguintes parâmetros precisa ser informado: *Abs* ou % (equivalente) ou *Un* (individualizado).

<b>El</b>	Identificador da barra associado ao evento
<b>%</b>	Variação percentual (relativa ao valor em t=0) do valor do shunt a ser modificado
<b>Abs</b>	Variação absoluta do shunt a ser modificado
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento do banco shunt individualizado
<b>Un</b>	Número de unidades que serão ligadas (valor positivo) ou desligadas (valor negativo) do grupo de banco shunt individualizado

**Atenção:** Este evento pode entrar em conflito com CDUs que atuem sobre o controle de banco *shunt* equivalente (*STSHT*) ou individualizado (*STBSH*).

## Eventos em Circuitos CA

### APCL

Aplicação de curto-circuito em linha CA. O curto-circuito pode ser franco (trifásico) ou com impedância de curto-circuito (opcional). O curto-circuito permanece ativo enquanto não for eliminado por alguma proteção (relés e relés por CDU) ou pelo evento de remoção de curto-circuito RMCL.

<b>El</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default = 1</i> )
<i>Ex</i>	Identificação da extremidade ( <i>default = DE</i> )
<b>%</b>	Percentual do comprimento do circuito a partir da extremidade dada
<i>Rc</i>	Resistência da impedância de curto-circuito na rede CA, em % ( <i>default = 0</i> )
<i>Xc</i>	Reatância da impedância de curto-circuito na rede CA, em % ( <i>default = 0</i> )

### RMCL

Remoção de curto-circuito em linha CA.

<b>El</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default = 1</i> )

### ABCI

Abertura total de circuito CA ou na extremidade especificada. Este evento pode entrar em conflito com CDUs que atuem sobre o estado operativo (STLIND e STLINP) de circuitos. O circuito deve possuir ao menos uma extremidade fechada.

<b>El</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default = 1</i> )
<i>Ex</i>	Identificação da extremidade para abertura parcial

**Dica:** A representação aproximada de abertura de uma ou 2 fases de uma linha CA pode ser feita alterando-se a impedância equivalente do respectivo circuito através do evento MDCI

### FECI

Fechamento total de circuito CA ou na extremidade especificada. Este evento de entrar em conflito com CDUs que atuem sobre o estado operativo (STLIND e STLINP) de circuitos. O circuito deve possuir ao menos uma extremidade aberta.

<b>El</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default</i> = 1)
<i>Ex</i>	Identificação da extremidade para fechamento parcial

### MDCI

Modificação de parâmetros de circuito CA. Este evento pode entrar em conflito com CDUs que atuem sobre parâmetros de circuitos e transformadores (RTRF, XTRF, TAP...). É necessário informar ao menos um dos seguintes campos: Rc, Xc, Bc ou Defas

<b>El</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default</i> = 1)
<i>Rc</i>	Novo valor da resistência série do circuito, em %
<i>Xc</i>	Novo valor da reatância série do circuito, em %
<i>Bc</i>	Novo valor da susceptância shunt total do circuito, em Mvar
<i>Defas</i>	Novo valor da defasagem do circuito correspondente a transformador defasador, em graus

### MTAP

Modificação de tap de transformador sem controle de tap modelado. É necessário preencher o campo de valor absoluto (Abs) ou o campo de valor percentual (%).

<b>El</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default</i> = 1)
%	Varição percentual (relativa ao valor em t=0) do valor do tap a ser modificado
<i>Abs</i>	Varição absoluta do tap a ser modificado

### BPCS

Bypass de capacitor série modelado via código DCSC no Anarede e que esteja sem controle associado no Anatem.

<b>El</b>	Extremidade DE do circuito CA
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA
<i>Nc</i>	Número do circuito ( <i>default</i> = 1)
<i>Rc</i>	Novo valor da resistência série do circuito, em %
<i>Xc</i>	Novo valor da reatância série do circuito, em %
<i>Bc</i>	Novo valor da susceptância shunt total do circuito, em Mvar
<i>Defas</i>	Novo valor da defasagem do circuito correspondente a transformador defasador, em graus

## Eventos Transformadores OLTC

### TTAP

Degrau no sinal de referência de controle de OLTC.

<b>EI</b>	Extremidade DE do circuito CA correspondente ao transformador
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do circuito CA correspondente ao transformador
<i>Nc</i>	Número zdo circuito CA correspondente ao transformador ( <i>default = 1</i> )
<i>%</i>	Variação %, relativa ao valor em $t = 0$ , do respectivo sinal de referência
<i>ABS</i>	Variação absoluta do respectivo sinal de referência, em pu

## Eventos em Máquinas de Indução Convencional

### RMMI

Remoção de unidade de máquina de indução convencional.

<b>EI</b>	Barra CA onde está a máquina
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo de equipamento ( <i>default = todos os grupos</i> )
<i>Un</i>	Número de unidades que serão removidas do grupo de máquina de indução convencional ( <i>default = todas</i> )

### LMOT

Partida de grupo de motor de indução convencional.

<b>EI</b>	Barra CA onde está a máquina
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento
<b>Un</b>	Número de unidades que serão removidas do grupo de máquina de indução convencional

**Aviso:** Para o evento *LMOT*, só é possível ligar um grupo que esteja parado.

### TMOT (Evento)

Degrau no torque mecânico da máquina de indução convencional.

<b>EI</b>	Barra CA onde está a máquina
<i>%</i>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) do respectivo sinal de referência.
<i>Abs</i>	Variação absoluta do respectivo sinal de referência, em pu.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento.

## Eventos em Máquinas Síncronas

### RMGR

Remoção de unidade geradora ou usina.

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA onde está a máquina síncrona
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo da máquina síncrona
<i>Un</i>	Número de unidades que serão removidas do grupo de máquina síncrona

**Dica:** Caso o campo *Un* esteja em branco serão desligadas todas as unidades ainda existentes no grupo de máquina síncrona especificado pelos campos **EI** e *Gr*. Caso o campo *Gr* também esteja em branco, então

serão desligados todos os grupos de equipamento relacionados com o evento que estejam conectados à barra especificada pelo campo *El*.

**Aviso:** A remoção de unidades geradoras não altera automaticamente a impedância do transformador associado, a menos que o controle deste esteja modelado por *CDU*.

**TRGT**

Degrau no sinal de referência do regulador de tensão *built-in* da máquina.

<b>El</b>	Barra CA onde está a máquina
<b>%</b>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) no sinal de referência
<b>Abs</b>	Variação absoluta no sinal de referência, em pu
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento

**TRGV**

Degrau no sinal de referência do regulador de velocidade *built-in* da máquina.

<b>El</b>	Barra CA onde está a máquina
<b>%</b>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) no sinal de referência
<b>Abs</b>	Variação absoluta no sinal de referência, em pu
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento

**Dica:** Para degrau no sinal de referência de reguladores CDU, utilize o evento *TCDU*.

**TINF**

Degrau no sinal de referência da tensão da barra infinita.

<b>El</b>	Identificação da Barra Infinita
<b>%</b>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) no sinal de referência
<b>Abs</b>	Variação absoluta no sinal de referência, em pu
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento

**RINF**

Rampa no sinal de referência da tensão da barra infinita.

<b>El</b>	Identificação da Barra Infinita
<b>%</b>	Taxa de variação, em $\%/s$ (relativa ao valor em $t = 0$ ), no sinal de referência
<b>Abs</b>	Taxa de variação absoluta no sinal de referência, em pu/s
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento

**Eventos em Geradores Eólicos DFIG****RMDF**

Remoção de unidade de máquina de indução com dupla alimentação.

<b>El</b>	Identificador da barra CA associada ao gerador de indução com dupla alimentação
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento ( <i>default = todos os grupos</i> )
<b>Un</b>	Número de unidades que serão removidas do grupo de máquina de indução convencional ( <i>default = todas</i> )

**Cuidado:** Caso o campo Número de Unidades (*Un*) esteja em branco serão desligadas todas as unidades ainda existentes no grupo de máquina de indução com dupla alimentação especificado pelos campos Elemento (**EI**) e Grupo de Equipamento (*Gr*). Caso o campo Grupo de Equipamento (*Gr*) também esteja em branco então serão desligados todos os grupos de equipamento relacionados com o evento que estejam conectados à barra especificada pelo campo Elemento (**EI**).

## Eventos em Geradores Síncronos Eólicos

### RMGE

Remoção de unidade de gerador eólico com máquina síncrona.

<b>EI</b>	Identificador da barra CA associada ao gerador eólico síncrono
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo de equipamento ( <i>default = todos os grupos</i> )
<i>Un</i>	Número de unidades que serão removidas do grupo de gerador eólico síncrono ( <i>default = todas</i> )

**Cuidado:** Caso o campo Número de Unidades (*Un*) esteja em branco serão desligadas todas as unidades ainda existentes no grupo de gerador eólico síncrono especificado pelos campos Elemento (**EI**) e Grupo de Equipamento (*Gr*). Caso o campo Grupo de Equipamento (*Gr*) também esteja em branco então serão desligados todos os grupos de equipamento relacionados com o evento que estejam conectados à barra especificada pelo campo Elemento (**EI**).

## Eventos em Fonte Shunt Controlada

### RFNT

Remoção de unidades ou grupo de fonte shunt controlada.

<b>EI</b>	Identificador da barra CA associada à fonte shunt controlada
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo de equipamento ( <i>default = todos os grupos</i> )
<i>Un</i>	Número de unidades que serão removidas do grupo de fonte shunt controlada ( <i>default = todas</i> )

**Cuidado:** Caso o campo Número de Unidades (*Un*) esteja em branco serão desligadas todas as unidades ainda existentes no grupo de fonte shunt controlada especificado pelos campos Elemento (**EI**) e Grupo de Equipamento (*Gr*). Caso o campo Grupo de Equipamento (*Gr*) também esteja em branco então serão desligados todos os grupos de equipamento relacionados com o evento que estejam conectados à barra especificada pelo campo Elemento (**EI**).

## Eventos em Barras CC

### ACBC

Aplicação de curto-circuito franco em barra CC.

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CC
-----------	-------------------------------------

### RCBC

Remoção de curto-circuito em barra CC.

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CC
-----------	-------------------------------------

## Eventos em Linhas CC

### ACLC

Aplicação de curto-circuito franco no meio da linhas CC. O curto-circuito permanece ativo enquanto não for eliminado por meio do evento de remoção de curto-circuito RCLC.

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CC correspondente a extremidade <i>DE</i> do elo CC
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado ao evento
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo no qual será aplicado o evento ( <i>default</i> = 1)

### RCLC

Remoção de curto-circuito em linha CC.

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CC correspondente a extremidade <i>DE</i> do elo CC
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado ao evento
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo no qual será aplicado o evento ( <i>default</i> = 1)

### LPCC

Ativação da proteção contra curto-circuito na rede CC (somente para elos CC com modelo predefinido).

<b>EI</b>	Número de identificação do elo CC, conforme definido no código de execução <i>DELO</i>
<i>P</i>	Polaridade do elo a ter a proteção contra falta na rede CC ativada ou desativada: “+” para polo positivo, “-” para polo negativo e em branco para ambos os polos

### DPCC

Desativação da proteção contra curto-circuito na rede CC (só para elos CC com modelo predefinido ).

<b>EI</b>	Número de identificação do elo CC, conforme definido no código de execução <i>DELO</i>
<i>P</i>	Polaridade do elo a ter a proteção contra falta na rede CC ativada ou desativada: “+” para polo positivo, “-” para polo negativo e em branco para ambos os polos

## Eventos em Elos CC

### APFC

Aplicação de falha de comutação em conversores CA-CC. A falha de comutação permanece ativa enquanto não for eliminada por meio do evento de remoção de falha de comutação *RMFC*.

<b>EI</b>	Número de identificação do conversor CA-CC, conforme definido no código de execução <i>DCNV</i>
-----------	---

**Dica:** O *Anatem* permite a detecção de falhas de comutação automaticamente através do código *DFCM* a partir de um valor de tensão mínimo na barra CA do conversor ou do ângulo mínimo limite do conversor ( $\gamma$ ).

### RMFC

Remoção de falha de comutação em conversores CA-CC.

<b>EI</b>	Número de identificação do conversor CA-CC, conforme definido no código de execução <i>DCNV</i>
-----------	---

### BELO

Bloqueio de elo CC ou de um de seus polos (desligamento).

<b>EI</b>	Número de identificação do elo CC, conforme definido no código de execução <i>DELO</i> .
-----------	--

**RMPC**

Remoção de ponte conversora de 6 pulsos por “*by-pass*”.

<b>EI</b>	Número de identificação do conversor CA-CC, conforme definido no código de execução <i>DCNV</i>
-----------	---

**TCNV**

Degrau no sinal de referência de controle do conversor.

<b>EI</b>	Número de identificação do conversor CA-CC, conforme definido no código de execução <i>DCNV</i>
<b>%</b>	Variação %, relativa ao valor em $t = 0$ , do respectivo sinal de referência
<b>ABS</b>	Variação absoluta do respectivo sinal de referência, em pu

**RCNV**

Rampa no sinal de referência de controle do conversor.

<b>EI</b>	Número de identificação do conversor CA-CC, conforme definido no código de execução <i>DCNV</i>
<b>%</b>	Taxa de variação, em %/s, relativa ao valor em $t = 0$ , do respectivo sinal de referência
<b>ABS</b>	Taxa de variação absoluta do respectivo sinal de referência, em pu/s

**Eventos em Compensadores Estáticos****RMSV**

Remoção de unidade de compensador estático (CER ou *SVC*).

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA associada ao compensador estático.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento ( <i>default = todos os grupos</i> )
<b>Un</b>	Número de unidades que serão removidas do grupo de compensador estático ( <i>default = todas as unidades</i> )

**Dica:** Caso o campo Número de Unidades (*Un*) esteja em branco serão desligadas todas as unidades ainda existentes no grupo de máquina de indução com dupla alimentação especificado pelos campos Elemento (**EI**) e Grupo de Equipamento (*Gr*). Caso o campo Grupo de Equipamento (*Gr*) também esteja em branco então serão desligados todos os grupos de equipamento relacionados com o evento que estejam conectados à barra especificada pelo campo Elemento (**EI**).

**TSVC**

Degrau no sinal de referência de controle do compensador estático.

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA associada ao compensador estático
<b>%</b>	Variação %, relativa ao valor em $t = 0$ , do respectivo sinal de referência
<b>ABS</b>	Variação absoluta do respectivo sinal de referência, em pu.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento

## Eventos em Compensadores Série Controláveis

### TCSC

Degrau no sinal de referência de controle do compensador série controlável.

<b>EI</b>	Extremidade DE do compensador série controlável
<b>Pa</b>	Extremidade PARA do compensador série controlável
<b>Nc</b>	Número do circuito do compensador série controlável ( <i>default</i> = 1)
<b>%</b>	Variação %, relativa ao valor em $t = 0$ , do respectivo sinal de referência
<b>ABS</b>	Variação absoluta do respectivo sinal de referência, em pu

## Eventos em CDU

### TCDU

Degrau em sinal de entrada de CDU (bloco ENTRAD). É necessário preencher o campo de valor absoluto (Abs) ou o campo de valor percentual (%).

<b>EI</b>	Identificador do CDU em que será aplicado o evento
<b>%</b>	Variação percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) do sinal de referência
<b>Abs</b>	Variação absoluta do sinal de referência
<b>BI</b>	Número de identificação do bloco do CDU em que será aplicado o evento.

### RCDU

Rampa em sinal de entrada de CDU (bloco ENTRAD). É necessário preencher o campo de valor absoluto (Abs) ou o campo de valor percentual (%) para informar o valor da taxa de variação do sinal de entrada do CDU.

<b>EI</b>	Identificador do CDU em que será aplicado o evento
<b>%</b>	Taxa de variação, em %/s, relativa ao valor em $t=0$ , do respectivo sinal de ENTRAD
<b>Abs</b>	Taxa de variação absoluta do respectivo sinal de ENTRAD, em pu/s
<b>BI</b>	Número de identificação do bloco do CDU em que será aplicado o evento.

## 45.30.3 Opções de execução aplicáveis

- *WARN*

## 45.30.4 Exemplo

Listagem 45.28: Exemplo da aplicação do código DEVT

```

1 (=====
2 ( DADOS DE EVENTOS
3 (=====
4 ( Aplicacao de curto-circuito na barra CA 2 aos 50 ms da simulacao.
5 ( Remocao de curto-circuito da barra CA 2 aos 250ms da simulacao.
6 ( Abertura de circuito CA entre as barra 2 e 3 aos 250ms da simulacao.
7 (
8 DEVT
9 (Tp) ( Tempo)( EI )( Pa)Nc( Ex) ( % ) (ABS ) Gr Uni          (Bl)P ( Rc ) ( Xc ) ( Bc
10 →) (Defas)
11 APCB      .05    2
   RMCB      .25    2

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

12 ABCI .25 2 3  
13 999999

## 45.31 DFCM

### 45.31.1 Função

A detecção da falha de comutação se dá por  $V_{AC} < V_{fc}$ ,  $\cos(\gamma) > 1$  ou por  $\gamma < Gfc$ . Estes dados só têm efeito para o **inversor**.

**Dica:** Alguns valores típicos, consagrados pela prática, são de 0.016s para a duração mínima da falha de comutação e  $\gamma = 14$  para o ângulo mínimo do inversor.

### 45.31.2 Utilização

<b>Nc</b>	Número de identificação do <b>inversor</b> , conforme definido no código <i>DCNV</i> .
<i>Vfc</i>	Tensão mínima na barra CA do <b>inversor</b> para detecção da falha de comutação, em pu.
<i>Gfc</i>	Ângulo $\gamma$ mínimo do <b>inversor</b> para determinação automática de falhas de comutação, em graus.
<b>Thd</b>	Tempo mínimo de duração da falha de comutação, em segundos.

### 45.31.3 Opções de execução disponíveis

- *BASE*
- *IERR*
- *WARN*

**Cuidado:** Quando utilizada a opção *IERR*, o caso será executado, porém os dados de falha de comutação serão desconsiderados. Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Caso não possui conversor CA-CC*
- *Conversor inexistente*

### 45.31.4 Exemplo

Listagem 45.29: Exemplo da aplicação do código DFCM

```

1 (=====
2 ( DADOS PARA MODELOS TIPO 1 PREDEFINIDO DE CONVERSOR
3 (=====
4 DMCV MD01
5 ( Dados para o modelo - 1º registro
6 (Nm) (Vmn) (Tvp) (Tx1) (Td1) (Yal) (Tmx) (Amx) (Gmx) (Stx) F
7 01
8 ( Dados para o modelo - 2º registro
9 (Nm) (Tvd) (Tvs) (Vdn) (Vdx) (Frn) (Imn) (Imx) (Img) (Ki ) (Kp ) (To ) (Kcg)
10 01

```

(continua na próxima página)

```

11 999999
12 (
13 (=====
14 ( DADOS PARA MODELO CDU DE SINAL SE MODULACAO EM CONTROLDE DE CONVERSOR
15 (=====
16 DCDU
17 (ncdu) ( nome cdu )
18     100 SM02-CNV
19 ( ...
20 ( ALTERAÇÃO DOS PARÂMETROS DA TOPOLOGIA 100, CASO NECESSÁRIO
21 ( ...
22 FIMCDU
23 999999
24 (
25 (=====
26 ( DADOS DE CONVERSORES E ASSOCIACAO DE CONVERSORES AOS CONTROLES
27 (=====
28 DCNV
29 (No)   (Gkb) (Amn) (Amx) (Gmn) ( Mc )u( S1 )u( S2 )u( S3 )u( S4 )u
30     25           5. 90.           01           100U
31 999999
32 (
33 (=====
34 ( DADOS PARA DETECCAO AUTOMATICA DE FALHA DE COMUTACAO
35 (=====
36 DFCM
37 (Nc) (Vfc) (Gfc) (Thd)
38     25           14.0 0.016
39 999999

```

**Ver também:**

Para maiores informações a respeito dos eventos aplicáveis aos elos CC, consulte *Elos de Corrente Contínua LCC*.

## 45.32 DFLA

### 45.32.1 Função

Executa a leitura de dados necessários à contabilização de fluxo líquido de intercâmbio de uma área ou entre áreas. Para cada área especificada é fornecida uma lista de circuitos de intercâmbio. Os fluxos ativo e reativo nas extremidades especificadas dos circuitos listados para cada área serão somados (ou subtraídos) para calcular o fluxo ativo/reativo líquido importado (ou exportado) pela área ou de intercâmbio com outra área.

**Atenção:** Os números de áreas especificados neste código servem apenas como identificadores para as referidas contabilizações de fluxo e não têm nenhuma relação, nem devem ser confundidos, com os números de área fornecidos no código de execução *DBAR* do programa *Anarede*.

Para aumentar a flexibilidade deste código, qualquer somatório de fluxos terminais em circuitos pode ser feita, isto é, nenhuma verificação é feita quanto à localização dos circuitos ou do significado físico que pode ter este somatório (isto é deixado a cargo do usuário).

### 45.32.2 Utilização

Este código requer a entrada de uma régua de identificação do agrupamento, seguida de *n* entradas referentes a circuitos que compõem este agrupamento. O fim do agrupamento é demarcado pelo comando FIMFLA.

A primeira régua possui os seguintes parâmetros:

<b>NA</b>	Número de identificação da área para contabilização de fluxo de intercâmbio
<b>ID</b>	Identificação alfanumérica da área para contabilização de fluxo de intercâmbio

A segunda régua possui os seguintes parâmetros:

<b>De</b>	Número de identificação da barra <i>DE</i> do circuito CA de intercâmbio conforme definido no <i>Anarede</i>
<b>Pa</b>	Número de identificação da barra <i>PARA</i> do circuito CA de intercâmbio conforme definido no <i>Anarede</i>
<b>NC</b>	Número de identificação do circuito CA de intercâmbio conforme definido no <i>Anarede</i> . Se for deixado em branco será considerado o primeiro circuito
<b>Ex</b>	Número de identificação da extremidade do circuito na qual será feita a medição do fluxo (sendo considerado positivo o sentido do fluxo entrando na extremidade a partir da rede). Deve ser igual a um dos campos barra <i>DE</i> ou barra <i>PARA</i> . Se for deixado em branco será considerado o valor do campo barra <i>DE</i> . Para contabilizar o valor com sinal trocado, poderá ser fornecido neste campo um sinal negativo juntamente com o valor da extremidade

**Dica:** Insira régua para auxiliar ao preenchimento dos campos do código *DFLA* com o comando “ctrl + \*”, após inserir o número da área.

### 45.32.3 Opções de execução aplicáveis

- *CONT*
- *FILE*
- *IMPR*
- *IERR*

**Cuidado:** Quando utilizada a opção de controle de execução *IERR*, havendo alguma área com dados de circuitos de intercâmbio inexistentes na rede elétrica (vindos do *Anarede*), esta área será ignorada e serão emitidas mensagens de aviso informando o usuário da inexistência do circuito e da desconsideração da área. Se a opção *IERR* não estiver ativada, neste caso, o *Anatem* interrompe o processamento, emitindo mensagem de erro. Deve-se notar que a inexistência de um dos circuitos fornecidos, em geral, é uma indicação de que os fluxos da área não seriam calculados corretamente e de que o usuário deve revisar a lista de circuitos para o código *DFLA* relativos à área em questão, se realmente desejar calcular estes fluxos.

### 45.32.4 Exemplo

Listagem 45.30: Exemplo da aplicação do código *DFLA*

```

1 (=====
2 ( LEITURA DOS DADOS PARA CONTABILIZACAO DO INTERCAMBIO LIQUIDO ENTRE AREAS
3 (=====
4 DFLA IMPR IERR
5 (
6 (NA) (      ID      )

```

(continua na próxima página)

```

7   20 FRJ - Area RJ
8   (De ) (Pa ) NC ( Ex )
9   138  140  1
10  138  140  2
11  104  183 57
12  104  183 59
13  385  149
14  FIMFLA
15  (
16  (NA) (      ID      )
17  130 RSE - Receb. Sudeste
18  (De ) (Pa ) NC ( Ex )
19  65   69
20  1086 978  -1086
21  551 1029  -551
22  65   70
23  122  125  -122
24  122  130  -122
25  556 1027  -556
26  FIMFLA
27  (
28  999999

```

**Ver também:**

Para maiores informações, consulte a seção *Fluxo Agregado de Intercâmbio*.

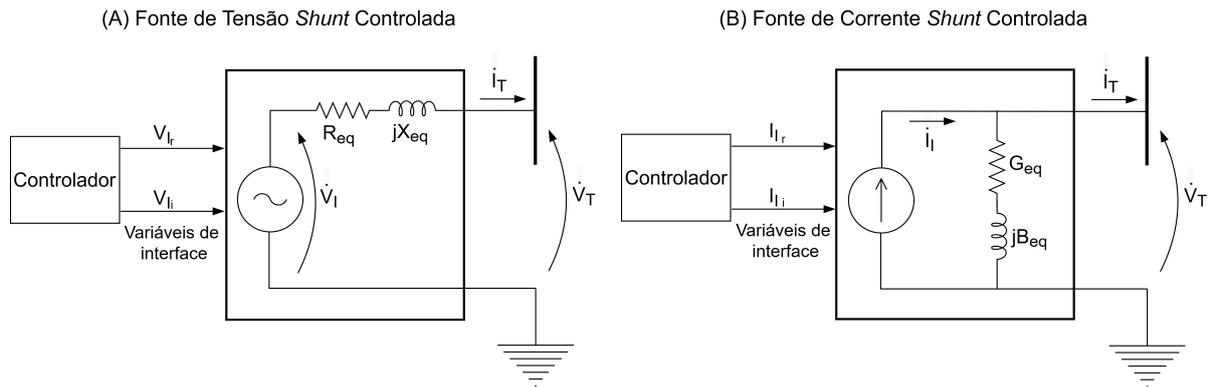
## 45.33 DFNT

### 45.33.1 Função

Associação de geração a modelo de fonte *shunt* controlada. Leitura de dados de associação de geração a modelo de fonte *shunt* controlada (atualmente só é permitido *modelo definido pelo usuário*).

Através do código *DFNT* o usuário pode representar uma parcela da geração da barra CA (geração esta definida no programa de fluxo de potência) por um modelo de fonte *shunt* controlada. Esta fonte pode ser de tensão (modelo equivalente de *Thévenin*) ou de corrente (modelo equivalente de *Norton*), como mostrado abaixo. O modelo do controlador deve calcular as componentes real e imaginária da variável de interface (tensão ou corrente), segundo a referência do sistema CA.

A fonte de tensão da Figura(A) deverá ter sempre impedância equivalente não nula ( $R_{eq} \neq 0$  e/ou  $X_{eq} \neq 0$ ), ou seja, ela não pode ser uma fonte ideal. Já a fonte de corrente da Figura(B) pode ter admitância equivalente nula ( $G_{eq} = B_{eq} = 0$ ), ou seja, pode ser uma fonte ideal. Caso não seja definida uma base de potência específica para este tipo de modelo (campo de dados *Sbas*), as grandezas importadas e exportadas usam a base e potência do sistema CA (conforme definida no programa *Anarede*). Se não for definido um número de unidades para cada grupo de geração modelado pela fonte controlada (campo de dados *Und*), será assumido o valor 1, o que significa que esta fonte (assim como sua impedância/admitância) corresponde ao equivalente do grupo.



sendo, para a fonte de tensão *shunt* controlada

$$\dot{V}_I = V_{I_r} + jV_{I_i} \quad \dot{V}_T = V_{T_r} + jV_{T_i} \quad \dot{I}_T = I_{T_r} + jI_{T_i}$$

e para a fonte de corrente *shunt* controlada

$$\dot{I}_I = V_{I_r} + jV_{I_i} \quad \dot{V}_T = V_{T_r} + jV_{T_i} \quad \dot{I}_T = I_{T_r} + jI_{T_i}$$

Em uma mesma barra CA podem ser definidos diferentes grupos de fonte controlada, cada um modelado de maneira diferente. Os fatores de participação das fontes em uma mesma barra deverão totalizar 100%.

### 45.33.2 Utilização

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra CA correspondente à parcela de geração que deverá ser associada ao modelo de fonte <i>shunt</i> controlada.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de geração modelado por fonte <i>shunt</i> controlada. Em uma barra podem estar conectados um ou mais grupos de geração modelados por fonte <i>shunt</i> controlada.
<b>T</b>	Define o tipo de modelo de fonte <i>shunt</i> controlada: <i>V</i> para modelo com fonte de tensão (modelo equivalente de <i>Thévenin</i> ) e <i>I</i> para modelo com fonte de corrente (modelo equivalente de <i>Norton</i> )
<b>FP%</b>	Fator que define o percentual da geração ativa total inicial da barra (calculada pelo programa de fluxo de potência) correspondente ao grupo de geração que será modelado por fonte <i>shunt</i> controlada. A soma dos fatores dos grupos de geração de uma mesma barra devem totalizar 100% (é dada uma tolerância de $\pm 0.1\%$ ).
<b>FQ%</b>	Fator que define o percentual da geração reativa total inicial da barra (calculada pelo programa de fluxo de potência) correspondente ao grupo de geração que será modelado por fonte <i>shunt</i> controlada. A soma dos fatores dos grupos de geração de uma mesma barra devem totalizar 100% (é dada uma tolerância de $\pm 0.1\%$ ).
<b>Und</b>	Número de unidades iguais que constituem o grupo de geração modelado por fonte <i>shunt</i> controlada. Se for deixado em branco será considerado 1 unidade.
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo de fonte <i>shunt</i> controlada, como definido no campo <i>CDU</i> do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, do código <i>ACDU</i> . Atualmente, não existe modelo predefinido de fonte <i>shunt</i> controlada.
<b>u</b>	Letra <i>U</i> se o modelo de fonte <i>shunt</i> controlada foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, do código <i>ACDU</i> .
<b>R ou G</b>	Caso o modelo seja do tipo fonte de tensão (modelo <i>Thévenin</i> ), corresponde à resistência equivalente de uma unidade do modelo que representa a parcela de geração, em % na base do equipamento. Caso o modelo seja do tipo fonte de corrente (modelo <i>Norton</i> ), corresponde à condutância equivalente de uma unidade do modelo que representa a parcela de geração.
<b>X ou B</b>	Caso o modelo seja do tipo fonte de tensão (modelo <i>Thévenin</i> ), corresponde à reatância equivalente de uma unidade do modelo que representa a parcela de geração, em % na base do equipamento. Caso o modelo seja do tipo fonte de corrente (modelo <i>Norton</i> ), corresponde susceptância equivalente de uma unidade do modelo que representa a parcela de geração.
<b>Sbas</b>	Potência aparente nominal de uma unidade de geração modelada como fonte <i>shunt</i> controlada, em <i>MVA</i> , usada como base para os sinais de corrente e potência de entrada/saída do modelo. Se for deixado em branco assume o valor da base do sistema, especificado pela constante <i>BASE</i> do <i>Anarede</i> .

### 45.33.3 Opções de execução disponíveis

- *CONT*
- *FILE*
- *IERR*
- *IMPR*
- *80CO*

### 45.33.4 Exemplo

Listagem 45.31: Exemplo da aplicação do código DFNT

```

1 (=====
2 ( DADOS DE FONTES SHUNT CONTROLADA
3 (=====
4 DFNT
5 ( Nb)   Gr T (FP%) (FQ%) Und ( Mc )u (R ou G) (X ou B) (Sbas)
6   10   10 I   100   100   5   101U   1.2   4.0
7 ( Nb)   Gr T (FP%) (FQ%) Und ( Mc )u (R ou G) (X ou B) (Sbas)
8   20   10 I   100   100   2   201U   1.9   3.0
9   21   10 I   100   100  12   202U   1.9   3.0
10 999999
11 (
12 (=====
13 ( CONTROLES DEFINIDOS PELO USUARIO
14 (=====
15 DCDU
16 (ncdu) ( nome cdu )
17   101 FONTE_01
18 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
19 ( ...
20 FIMCDU
21 (
22 999999
23 (
24 DTDU
25 (ntop) ( nome topo)
26   200 TOPOL_FONTE
27 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)
28 ( ...
29 FIMCDU
30 (
31 999999
32 (
33 ACDU
34 (ncdu) (ntop) ( nome cdu )
35   201   200 FONTE_021
36 (EFPAR (nome) ( valor )
37 DEFPAR #V1   1.0
38 DEFPAR #V2   1.8
39 FIMCDU
40 (ncdu) (ntop) ( nome cdu )
41   202   200 FONTE_022
42 (EFPAR (nome) ( valor )
43 DEFPAR #V1   2.4
44 DEFPAR #V2   3.0
45 FIMCDU
46 (

```

(continua na próxima página)

**Ver também:**

Para maiores detalhes sobre os modelos definidos pelo usuário, consulte a seção *Controladores Definidos pelo Usuário* e os códigos *DCDU*, *DTDU* e *ACDU*.

**45.34 DGER****45.34.1 Função**

Leitura dos parâmetros  $A$ ,  $B$ ,  $C$  e  $D$  que estabelecem a função de variação de geração em relação ao módulo de tensão nas barras.

O comportamento da geração funcional é descrito pelas seguintes equações:

$$\text{Geração ativa} = \left[ (100 - A - B) + A \left( \frac{V}{V_0} \right) + B \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right] \cdot \frac{P}{100} \text{ se } V \geq V_{BP}$$

$$\text{Geração reativa} = \left[ (100 - C - D) + C \left( \frac{V}{V_0} \right) + D \left( \frac{V}{V_0} \right)^2 \right] \cdot \frac{Q}{100} \text{ se } V \geq V_{BQ}$$

sendo:

$A$ ,  $B$  e  $C$ ,  $D$  são parâmetros que definem as parcelas de geração representadas por corrente e impedância constantes, respectivamente.

$P$  e  $Q$  são as potências ativa e reativa da geração para a tensão  $V_0$  não modeladas por outros equipamentos.

$V_0$  tensão inicial da barra, convergida pelo fluxo de potência

$V_{BP}$ ,  $V_{BQ}$  tensão abaixo da qual as parcelas de geração ativa e reativa são bloqueadas, respectivamente

$V_{DP}$ ,  $V_{DQ}$  tensão acima da qual as parcelas de geração ativa e reativa são desbloqueadas, respectivamente, uma vez que tenha ocorrido o seu bloqueio

As tensões  $V_{BP}$  e  $V_{BQ}$  são as tensões mínimas para as quais as funções estáticas de geração ativa e reativa continuam sendo respeitadas, abaixo deste valor ocorre o bloqueio da potência ativa e/ou reativa gerada. O desbloqueio de potência sucede no instante em que a tensão alcançar o valor definido por  $V_{DP}$ , no caso da parcela ativa, e  $V_{DQ}$  para desbloqueio da parcela reativa.

As demais gerações não modeladas continuam sendo convertidas automaticamente de potência constante para impedância constante. Os parâmetros  $P$  e  $Q$  nas fórmulas acima podem ser alterados automaticamente pelo programa através de modificações de cenário de carga/geração (ver *DCEN*), de atuações de relés de sub/sobrefrequência (ver *DREL*) ou de atuações de relés por CDU (ver *DCDU*).

## 45.34.2 Utilização

**Atenção:** Este código utiliza linguagem de seleção. Ver *Linguagem de Seleção* para maiores detalhes.

Os seguintes parâmetros devem ser preenchidos para o código *DGER*:

<b>tp</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>no</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>C</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>tp</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>no</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>C</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>tp</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>no</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>C</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>tp</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>no</b>	Argumento da linguagem de seleção
<b>A</b>	Valor do parâmetro que define a parcela de carga ativa que varia linearmente com a magnitude da tensão ( <i>default = 0</i> )
<b>B</b>	Valor do parâmetro que define a parcela de carga ativa que varia com o quadrado da magnitude da tensão ( <i>default = 0</i> )
<b>C</b>	Valor do parâmetro que define a parcela de carga reativa que varia linearmente com a magnitude da tensão ( <i>default = 0</i> )
<b>D</b>	Valor do parâmetro que define a parcela de carga reativa que varia com o quadrado da magnitude da tensão ( <i>default = 0</i> )
<b>VbP</b>	Valor de tensão abaixo do qual a parcela ativa da geração é bloqueada, em % ( <i>default = 0</i> )
<b>VdP</b>	Valor de tensão acima do qual a parcela ativa da geração é desbloqueada, uma vez que tenha ocorrido o bloqueio da potência ativa, em % ( <i>default = 0</i> )
<b>VbQ</b>	Valor de tensão abaixo do qual a parcela reativa da geração é bloqueada, em % ( <i>default = 0</i> )
<b>VdQ</b>	Valor de tensão acima do qual a parcela reativa da geração é desbloqueada, uma vez que tenha ocorrido o bloqueio da potência reativa, em % ( <i>default = 0</i> )

## 45.34.3 Opções de execução aplicáveis

- *WARN*

## 45.34.4 Exemplo

Listagem 45.32: Exemplo da aplicação do código *DGER*

```

1 (=====
2 ( ALTERACAO DE GERACAO FUNCIONAL
3 (=====
4 DGER IMPR
5 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) (A) (B) (C) (D) (VbP) (VdP) (VbQ)
6 ↪ (VdQ)
7 BARR 1 A BARR 9998 0 0 100 0 84.5 85.0 84.5
8 ↪ 85.0
9 999999

```

**Nota:** O exemplo mostra os dados para alteração das cargas nas barras 1 a 9998 para modelo com 100% de P

constante na parte ativa e 100% de I constante na parte reativa.

#### Ver também:

Para maiores detalhes acerca da linguagem de seleção, ver *Linguagem de Seleção*.

## 45.35 DGSE

### 45.35.1 Função

Leitura de dados de associação de geração eólica como máquina síncrona (*Geradores Síncronos Eólicos*) ao respectivo modelo e sistema de controle (*CDU*).

### 45.35.2 Utilização

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra de geração à qual deverá ser associada o modelo de gerador eólico como máquina síncrona e respectivos sistemas de controle.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento. Em uma barra de geração podem estar conectados um ou mais grupos de gerador eólico como máquina síncrona. Um grupo de gerador eólico com máquina síncrona pode ser constituído por uma ou mais unidades idênticas.
<i>P</i>	Fator que define o percentual da potência ativa gerada na barra pelo grupo de equipamentos. Se deixado em branco será considerado igual a 100%. A soma dos fatores dos grupos de equipamentos de uma barra de geração tem que totalizar 100%. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> .
<i>Q</i>	Fator que define o percentual da potência reativa gerada na barra pelo grupo de equipamento. Se deixado em branco será considerado igual a 100%. A soma dos fatores dos grupos de equipamentos de uma barra de geração tem que totalizar 100%. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> .
<i>Und</i>	Número de unidades iguais que constituem um grupo de equipamentos equivalente. Se for deixado em branco será considerado 1 unidade.
<b>Mg</b>	Número de identificação do modelo de gerador eólico com máquina síncrona, como definido no campo <i>No</i> do código de execução <i>DMGE</i> .
<b>Mt</b>	Número de identificação do modelo de regulador de tensão, como definido no campo <i>No</i> do código <i>DRGT</i> ou no campo <i>ncdu</i> do código de execução <i>DCDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de regulador de tensão foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou como topologia pelo código <i>DTDU</i> .
<b>Mv</b>	Número de identificação do modelo de turbina eólica, como definido no campo <i>ncdu</i> do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, no código <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de turbina eólica foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou como topologia pelo código <i>DTDU</i> . Atualmente só há modelo <i>CDU</i> .
<b>Mc1</b>	Número de identificação do modelo do regulador de tensão CC (“ <i>chopper</i> ”), como definido no campo <i>ncdu</i> do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, no código <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de regulador de tensão CC (“ <i>chopper</i> ”) foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou como topologia pelo código de execução <i>DTDU</i> . Atualmente só há modelo <i>CDU</i> .
<b>Mc2</b>	Número de identificação do modelo do inversor de tensão ( <i>VSI</i> ), como definido no campo <i>ncdu</i> do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, no código <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de inversor de tensão ( <i>VSI</i> ) foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou como topologia pelo código de execução <i>ACDU</i> . Atualmente só há modelo <i>CDU</i> .
<b>Freq0</b>	Frequência inicial da máquina síncrona, em <i>Hz</i> .
<b>Vtr0</b>	Valor inicial para a tensão da máquina síncrona, em <i>pu</i> .
<b>Vcap0</b>	Valor inicial para a tensão do capacitor CC, em <i>pu</i> .

### 45.35.3 Opções de execução disponíveis

- *CONT*
- *IMPR*
- *FILE*
- *80CO*

### 45.35.4 Exemplo

Listagem 45.33: Exemplo da aplicação do código *DGSE*

```

1 (=====
2 ( ASSOCIACAO DOS CONTROLES AOS GERADORES EOLICOS SINCRONOS
3 (=====
4 DGSE
5 ( Nb)   Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Mc1)u( Mc2)u(Freq0)(Vtr0 )(Vcap0)
6 100    10 100 90 15 1525 2000 102U 104U 106U 60 1.0 1.0
7 999999
8 (
9 (=====
10 ( MODELO DO GERADOR EOLICO SINCRONO
11 (=====
12 DMGE MD01
13 (No)   (CS) (Ld )(Lq )(L'd)   (L''d)(L1 )(T'd)   (T''d)(T''q)
14 1525   113.8 68.1 35.   28.8 15.8 5.6   0.08 0.15
15 999999
16 (
17 (=====
18 ( DADOS DO MODELO PREDEFINIDO DE REGULADOR DE TENSÃO
19 (=====
20 DRGT MD01
21 (No)   (CS) (Ka )(Ke )(Kf )(Tm )(Ta )(Te )(Tf )(Lmn)(Lmx)LS
22 2000   205 300. 3.00 0.20 0.0 0.0 6.00 5.00 -1.1 8.05ED
23 999999
24 (
25 (=====
26 ( CONTROLES DEFINIDOS PELO USUARIO
27 (=====
28 DCDU
29 ( MODELO DA TURBINA EOLICA
30 (ncdu) ( nome cdu )
31 102   TURB_1525
32 ( ...
33 FIMCDU
34 (
35 ( MODELO DO REGULADOR DE TENSAO CC (CHOPPER)
36 (ncdu) ( nome cdu )
37 104   AVR_1525
38 (...
39 FIMCDU
40 (
41 ( MODELO DO INVERSOR DE TENSAO (VSI)
42 (ncdu) ( nome cdu )
43 106   VSI_1525
44 (...
45 FIMCDU
46 (
47 999999

```

**Ver também:**

Para maiores informações sobre a geração eólica modelada como máquina síncrona, consulte a seção *Geradores Síncronos Eólicos*. Para maiores informações sobre os controles definidos pelo usuário, consulte a seção *CDU*. Para a maiores detalhes a respeito da definição de topologias de controle, consultar o código *DTDU*.

## 45.36 DLDN

### 45.36.1 Função

Leitura de dados de associação de carga dinâmica ao respectivo modelo ( atualmente só é permitido modelo definido pelo usuário – *CDU*).

O programa permite que uma parcela de carga da barra seja separada e associada a um controle que simule uma dinâmica.

Por meio do código *DLDN*, o usuário pode modelar uma parcela da carga estática da barra CA ( carga esta definida no programa de fluxo de potência ) por um controle que descreva uma dinâmica (por meio de *CDU* definido em código *DCDU*). Isto pode ser feito tanto para a parte ativa como para a parte reativa da carga. A carga estática ficará então reduzida durante a simulação à parcela não modelada dinamicamente.

Em uma mesma barra CA podem ser definidos diferentes grupos de carga dinâmica, cada um modelado de maneira diferente. Não é obrigatório que a barra tenha uma carga com valor de  $P$  e/ou  $Q$  não nulos inicialmente: pode-se associar o modelo a uma barra sem carga, a qual será alterada (“ligada”) durante a simulação.

### 45.36.2 Utilização

Os seguintes parâmetros devem ser preenchidos para o código *DLDN*:

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra CA à qual deverá ser associado o modelo de carga dinâmica
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de carga dinâmica. Em uma barra podem estar conectados um ou mais grupos cargas dinâmicas
<b>FP%</b>	Fator que define o percentual da carga ativa total inicial da barra (calculada pelo programa de fluxo de potência) que será modelada dinamicamente. A soma dos fatores dos grupos de carga dinâmica de uma mesma barra não podem ultrapassar 100%
<b>FQ%</b>	Fator que define o percentual da carga reativa total inicial da barra (calculada pelo programa de fluxo de potência) que será modelada dinamicamente. A soma dos fatores dos grupos de carga dinâmica de uma mesma barra não podem ultrapassar 100%
<b>Mc</b>	Número de identificação do modelo de carga dinâmica, como definido no campo <i>CDU</i> do código <i>DCDU</i> . Atualmente não existe modelo predefinido de carga dinâmica.
<b>u</b>	Letra <i>U</i> se o modelo de carga dinâmica foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i>

### 45.36.3 Opções de execução disponíveis

- *WARN*

## 45.36.4 Exemplo

Listagem 45.34: Exemplo da aplicação do código DLDN

```

1 (
2 DCDU
3 (ncdu) ( nome cdu )
4 9000 Carga Din. 1
5 .
6 .
7 .
8 FIMCDU
9 (
10 (ncdu) ( nome cdu )
11 9001 Carga Din. 2
12 .
13 .
14 .
15 FIMCDU
16 (
17 (ncdu) ( nome cdu )
18 9002 Carga Din. 3
19 .
20 .
21 .
22 FIMCDU
23 999999
24 (
25 (=====
26 ( DADOS DE ASSOCIACAO DE CARGA DINAMICA A MODELOS
27 (=====
28 DLDN
29 ( Nb) Gr (FP%) (FQ%) ( Mc )u
30 2609 10 30. 30. 9000u
31 2609 20 25. 15. 9001u
32 2700 10 100. 9002u
33 999999

```

O exemplo ilustra a utilização do código DLDN para a associação de carga dinâmica ao respectivo modelo:

**Barra CA de número 2609**

Grupo de carga dinâmica, com identificação número 10, correspondente a uma parcela de 30% da parte ativa e 30% da parte reativa e representado pelo modelo definido pelo usuário número 9000.

Grupo de carga dinâmica, com identificação número 20, correspondente a uma parcela de 25% da parte ativa e 15% da parte reativa e representado pelo modelo definido pelo usuário número 9001.

Os restantes 45% da parte ativa e 55% da parte reativa continuarão representados de forma estática.

**Barra CA de número 2700**

Grupo de carga dinâmica, com identificação número 10, correspondente a uma parcela de 100% da parte ativa e representado pelo modelo definido pelo usuário número 9002.

A parte reativa da carga continuará representada de forma estática.

**Ver também:**

Para maiores detalhes acerca de cargas estáticas e dinâmicas, ver *Cargas*.

## 45.37 DLMQ

### 45.37.1 Função

Leitura de dados para seleção das barras terminais dos grupos de máquina a serem testados.

### 45.37.2 Utilização

<b>tp</b>	<i>BARR</i> Especifica que o elemento é uma barra. <i>AREA</i> Especifica que o elemento é uma área. <i>TENS</i> Especifica que o elemento é uma base de tensão.
<b>no</b>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento.
<b>C</b>	<b>Primeira</b> condição: <i>A</i> Especifica uma condição de intervalo. <i>E</i> Especifica uma condição de união.
<b>tp</b>	<i>BARR</i> Especifica que o elemento é uma barra. <i>AREA</i> Especifica que o elemento é uma área. <i>TENS</i> Especifica que o elemento é uma base de tensão.
<b>no</b>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento.
<b>C</b>	Condição <b>principal</b> : <i>X</i> Indica diferença entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições. <i>E</i> Indica união entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições. <i>S</i> Indica interseção entre os conjuntos definidos pela primeira e segunda condições.
<b>tp</b>	<i>BARR</i> Especifica que o elemento é uma barra. <i>AREA</i> Especifica que o elemento é uma área. <i>TENS</i> Especifica que o elemento é uma base de tensão.
<b>no</b>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento.
<b>C</b>	<b>Segunda</b> condição: <i>A</i> Especifica uma condição de intervalo. <i>E</i> Especifica uma condição de união.
<b>tp</b>	<i>BARR</i> Especifica que o elemento é uma barra. <i>AREA</i> Especifica que o elemento é uma área. <i>TENS</i> Especifica que o elemento é uma base de tensão.
<b>no</b>	Número de identificação da barra, da área ou valor da tensão, de acordo com o tipo do elemento.

**Nota:** A primeira e a segunda condição são resolvidas antes da condição principal.

### 45.37.3 Opções de execução aplicáveis

- *CONT*
- *FILE*
- *IMPR*
- *80CO*

### 45.37.4 Exemplo

Listagem 45.35: Exemplo da aplicação do código *DLMQ*

```

1 (=====
2 ( BARRAS TERMINAIS DOS GRUPOS DE MAQUINAS A SEREM TESTADOS
3 (=====
4 DLMQ
5 ( BASES DE TENSAO
6 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no)
7 TENS      1 A TENS      4
8 (
9 ( BARRAS TERMINAIS DOS GRUPOS DE MAQUINAS
10 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no)
11 BARR  1150 E BARR  1120 E BARR  1260 A BARR  1265
12 (
13 ( AREAS

```

(continua na próxima página)

```

14 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no)
15 AREA 10 E AREA 11 S AREA 15 E AREA 16
16 999999

```

**Ver também:**

Para maiores informações relacionadas aos testes de máquinas consulte o código *DTMQ*.

## 45.38 DLOC

### 45.38.1 Função

Leitura de dados de localização remota de sinais.

Os sinais remotos de entrada (blocos do tipo *Bloco IMPORT*) e de definição de valores (*DEFVAL*) para um determinado controlador definido pelo usuário (por exemplo, fluxo ativo de um circuito CA, frequência de um gerador, tensão de uma barra CA, sinal proveniente de outro controlador definido pelo usuário, etc.) são definidos através de medidores remotos de sinal, cujas localizações são especificadas através deste código.

Notar que alguns blocos *Bloco IMPORT* e instruções *DEFVAL* quando usados em determinados *CDU*'s admitem locais remotos com localização "default", geralmente associadas ao equipamento que se está modelando. Nestes casos a definição de sinais remotos para estes blocos e/ou instruções é supérflua. Recomenda-se como norma usar o código *DLOC* só quando estritamente necessário. Para maiores detalhes sobre localização "default" ver código *DCDU*.

### 45.38.2 Utilização

A régua de preenchimento deste código é dependente do tipo de local remoto a ser criado. Para todos os locais remotos, os seguintes campos são obrigatórios:

<b>Lc</b>	Número de identificação da localização remota de sinal
<b>Tipo</b>	Identificação do tipo do elemento relativo à localização do sinal (relação abaixo)

**Atenção:** O identificador **Lc** é relativo ao parâmetro *PI* de blocos *Bloco IMPORT* e *Bloco EXPORT*, assim como o parâmetro *DI* da declaração *DEFVAL*.

Os campos a serem preenchidos para cada tipo de local remoto estão relacionados com o equipamento associado (parâmetro **Tipo**).

**BARRAC**

*Barras CA*

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA
-----------	-------------------------------------

**BARRCC**

*Barras CC*

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CC
-----------	-------------------------------------

**BSH**

*Banco shunt individualizado* de barra ou de circuito

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA (shunt de barra) ou extremidade <i>DE</i> do circuito associado à localização do sinal ( <i>shunt</i> de linha)
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado à localização do sinal (caso seja <i>shunt</i> de linha)
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo associado à localização do sinal ( <i>default = 1</i> )
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento associado à localização do sinal

**CDU (DLOC)***Controladores Definidos pelo Usuário*

<b>EI</b>	Número de identificação do <i>CDU</i>
<b>BI</b>	Número de identificação do bloco do <i>CDU</i> cuja variável de saída será associada à localização do sinal

**CIRCAC***Circuitos CA*

<b>EI</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito associado à localização do sinal
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado à localização do sinal
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo associado à localização do sinal ( <i>default = 1</i> )
<b>Ex</b>	Número de identificação da extremidade do circuito associado à localização do sinal ( <i>default = DE</i> )

**CIRCCC***Linhas CC*

<b>EI</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito associado à localização do sinal
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado à localização do sinal
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo associado à localização do sinal ( <i>default = 1</i> )
<b>Ex</b>	Número de identificação da extremidade do circuito associado à localização do sinal ( <i>default = DE</i> )

**CONVER***Elos de Corrente Contínua LCC*

<b>EI</b>	Número de identificação do elemento
-----------	-------------------------------------

**CSC***Compensadores Série Controláveis*

<b>EI</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do compensador série controlável
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do compensador série controlável
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito do CSC ( <i>default = 1</i> )

**EFVSI***Equipamentos FACTS VSI*

<b>EI</b>	Número de identificação do elemento
-----------	-------------------------------------

**FNT***Fonte Shunt Controlável por CDU por CDU*

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA onde está conectado o elemento
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento associado à localização do sinal

**LDIN**

*Carga Dinâmica*

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA onde está conectado o equipamento
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo do equipamento

**MAQ (DLOC)**

*Máquinas Síncronas*

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA onde está conectado o elemento
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento associado à localização do sinal

**MIND**

*Máquinas de Indução Convencional*

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA onde está conectado o elemento
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento associado à localização do sinal

**OLTC**

*Transformadores OLTC*

<b>EI</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito associado à localização do sinal
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado à localização do sinal
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo associado à localização do sinal ( <i>default = 1</i> )

**SINARQ (DLOC)**

*Arquivo de Sinal Externo*

<b>EI</b>	Número de identificação o sinal externo a ser importado de arquivo associado do arquivo <i>SINARQ</i> no código <i>DARQ</i> .
-----------	---

---

**Nota:** O arquivo associado na *Unidade Lógica #11* tem o mesmo formato do arquivo de saída para plotagem (associado na *Unidade Lógica #8*) e neste arquivo a primeira posição na lista de valores corresponde ao tempo. Assim sendo, o sinal externo *N* a ser importado deverá corresponder ao valor  $N + 1$  na lista de valores do arquivo.

---

**SVC**

*Compensadores Estáticos de Reativos*

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA onde está conectado o compensador estático
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de equipamento associado à localização do sinal

**VSI (DLOC)**

*Conversor FACTS VSI*

<b>EI</b>	Número de identificação do elemento
-----------	-------------------------------------

### 45.38.3 Opções de execução disponíveis

- *WARN*

### 45.38.4 Exemplo

Listagem 45.36: Exemplo da aplicação do código DLOC

```

1 (=====
2 ( DADOS DE LOCAIS DE MEDICAO
3 (=====
4 DLOC
5 (Lc) (Tipo)( El )( Pa)Nc( Ex)Gr(BI)
6 1 BARRAC 124
7 2 MAQ 95 10
8 999999

```

## 45.39 DLTC

### 45.39.1 Função

Leitura de dados adicionais de *Transformadores OLTC* e de associação ao respectivo modelo de controle.

### 45.39.2 Utilização

<b>De</b>	Número da barra de uma das extremidades do circuito, como definido no campo <i>Número</i> do código de execução <i>DBAR</i> do programa <i>Anarede</i> .
<b>Pa</b>	Número da barra da outra extremidade do circuito, como definido no campo <i>Número</i> do código de execução <i>DBAR</i> do programa <i>Anarede</i> .
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito CA em paralelo, como definido no programa <i>Anarede</i> .
<b>Mt</b>	Número de identificação do modelo de OLTC, como definido no campo <i>No</i> do código <i>DMTC</i> , ou no campo <i>CDU</i> do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, do código <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de OLTC foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, do código <i>ACDU</i> .
<i>Tmn</i>	Valor mínimo que o tap de tensão pode assumir, em pu. Se deixado em branco assume o valor fornecido no programa <i>Anarede</i> .
<i>Tmx</i>	Valor máximo que o tap de tensão pode assumir, em pu. Se deixado em branco assume o valor fornecido no programa <i>Anarede</i> .
<b>Nst</b>	Número de intervalos de discretização do tap de tensão entre os valores <i>Tmn</i> e <i>Tmx</i> . Deve ser maior que zero. O incremento de tap é calculado por $(Tmx - Tmn)/Nst$ .
<i>Kbs</i>	Número da barra cujo módulo da tensão deve ser controlado. Se a barra controlada não for uma das barras definidas nos campos <i>De</i> ou <i>Pa</i> , deve ser associado um sinal ao número desta barra que determine a direção do movimento do tap no sentido de aumentar o módulo da tensão da barra controlada. Em geral, barras situadas no lado do tap recebem um sinal positivo e barras situadas no lado contrário do tap recebem um sinal negativo (o tap é considerado como situado na barra informada no campo <i>Da Barra</i> no código <i>DLIN</i> do programa <i>Anarede</i> ). Se deixado em branco assume o valor fornecido no programa <i>Anarede</i> .

**Nota:** No caso do transformador ser apenas defasador os campos *Tmn*, *Tmx*, *Nst* e *Kbs* não são necessários. Neste caso deve-se deixá-los em branco, exceto o campo *Nst* que deve ser feito igual a 1.

### 45.39.3 Opções de execução disponíveis

- *CONT*
- *IMPR*
- *FILE*
- *80CO*

### 45.39.4 Exemplo

Listagem 45.37: Exemplo da aplicação do código *DLTC*

```

1 (=====
2 ( ASSOCIACAO DE OLTCs AOS RESPECTIVOS CONTROLES
3 (=====
4 DLTC
5 ( OLTCs COM CONTROLE DE TENSAO
6 ( Nf) ( Nt) Nc ( Mt )u (Tmn) (Tmx) Nst ( Kbs)
7 4 2 1 40
8 6 18 3 0.9 1.1 40 -20
9 (
10 ( OLTC CORRESPONDENTE A TRAF0 DEFASADOR
11 ( Nf) ( Nt) Nc ( Mt )u (Tmn) (Tmx) Nst ( Kbs)
12 1 2 5300u 1
13 999999
14 (
15 (=====
16 ( ASSOCIACAO DE OLTCs AOS RESPECTIVOS CONTROLES
17 (=====
18 DMTC MD01
19 (No) (Bm1)(Bm2)(TR )(TM )(TB )( T )(VIm)
20 1 0.0150.010 3.0 2.0 0.0 0.05 0.8
21 (No) (Bm1)(Bm2)(TR )(TM )(TB )( T )(VIm)
22 3 0.0650.018 2.0 4.0 0.0 0.05 0.8
23 999999

```

**Nota:** O exemplo ilustra a utilização do código *DLTC* para associação de transformadores com OLTC (circuitos 4-2, 6-18 e 1-2 ) aos respectivos modelos de controle (modelo predefinido *MD01* e modelo *CDU* 5300 ). No primeiro OLTC os valores de *Tmn*, *Tmx* e *Kbs* são mantidos iguais aos fornecidos no *Anarede*. A posição do tap definida no *Anarede* é sempre mantida, independentemente de como o circuito seja referenciado no código *DLTC*, ou seja, caso os circuitos do exemplo tenham sido criados no *Anarede* com os mesmos valores nos campos *Nf* e *Nt* do *Anatem* os taps serão considerados como posicionados nas barras 4 e 6. Caso os circuitos tenham sido definidos no *Anarede* como 2-4 e 18-6, os taps estarão nas barras 2 e 18 apesar da ordem das barras no *Anatem* ser inversa. No terceiro OLTC a barra controlada foi mudada para a barra 20 (o sinal negativo indica que o valor do tap deverá ser diminuído para aumentar a tensão da barra controlada). O quarto OLTC está associado a um *CDU* (5300) que se supõe seja um modelo de controle de defasamento apenas. Neste caso os campos *Tmn*, *Tmx* e *Kbs* foram deixados em branco e o campo *Nst* foi feito igual a 1.

#### Ver também:

Para maiores informações sobre transformadores com comutação sob carga (“*on-load tap-changer*”), consulte a seção *Transformadores OLTC*.

## 45.40 DMAQ

### 45.40.1 Função

Associação de geração aos modelos de *Máquinas Síncronas* e respectivos sistemas de controle.

**Cuidado:** As gerações que não tiverem associadas à um modelo de máquina serão automaticamente convertidas pelo programa para uma impedância constante.

**Aviso:** As máquinas que tiverem modelo de regulador de velocidade associado poderão sofrer alterações automáticas na referência destes reguladores através do código *DCEN* (modificação automática de cenário de carga/geração/motor de indução).

### 45.40.2 Utilização

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra de geração à qual deverá ser associada o modelo de máquina e respectivos sistemas de controle.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de máquinas. Em uma barra de geração podem estar conectados um ou mais grupos de máquinas. Um grupo de máquinas pode ser constituído por uma ou mais unidades geradoras idênticas.
<i>P</i>	Fator que define o percentual da potência ativa gerada na barra pelo grupo de máquinas. Se deixado em branco será considerado igual a 100%. A soma dos fatores dos grupos de máquinas de uma barra de geração tem que totalizar 100%. Este campo deve ser preenchido com um número <b>inteiro</b> .
<i>Q</i>	Fator que define o percentual da potência reativa gerada na barra pelo grupo de máquina. Se deixado em branco será considerado igual a 100%. A soma dos fatores dos grupos de máquinas de uma barra de geração tem que totalizar 100%. Este campo deve ser preenchido com um número <b>inteiro</b> .
<i>Und</i>	Número de unidades iguais que constituem a máquina equivalente. Se for deixado em branco será considerado 1 unidade.
<i>Mg</i>	Número de identificação do modelo de gerador, como definido no campo <i>No</i> do código <i>DMDG</i> .
<i>Mt</i>	Número de identificação do modelo de regulador de tensão, como definido no campo <i>No</i> do código de execução <i>DRGT</i> ou no campo <i>cd</i> do código de execução <i>DCDU</i> ou ainda, no caso de uma topologia, do código <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de regulador de tensão foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, através do código <i>ACDU</i> .
<i>Mv</i>	Número de identificação do modelo de regulador de velocidade e turbina, como definido no campo <i>No</i> do código <i>DRGV</i> ou no campo <i>cd</i> do código <i>DCDU</i> ou ainda, no caso de uma topologia, através do código <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de regulador de velocidade e turbina foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, através do código <i>ACDU</i> .
<b>Me</b>	Número de identificação do modelo de estabilizador aplicado em regulador de tensão, como definido no campo <i>No</i> do código <i>DEST</i> ou no campo <i>cd</i> do código <i>DCDU</i> ou ainda, no caso de uma topologia, do código <i>ACDU</i> .
<i>u</i>	Letra <i>U</i> se o modelo de estabilizador aplicado em regulador de tensão foi definido pelo usuário através do código <i>DCDU</i> ou, no caso de uma topologia, através do código <i>ACDU</i> .
<b>Xvd</b>	Reatância de compensação de queda de tensão (“ <i>Line Drop Compensation Reactance</i> ”) para o cálculo do sinal de entrada do regulador de tensão (sinal <i>VTR</i> ), em % na base de uma unidade de máquina. O sinal <i>VTR</i> é uma tensão calculada pela subtração da tensão da barra controlada com a queda de tensão na reatância de compensação, usando a corrente terminal da máquina.
<i>Nbc</i>	Número de identificação da barra a ser controlada pelo gerador. Quando for deixado em branco, o número da barra controlada será o mesmo da barra terminal do gerador. Quando for preenchido com 0 (zero), o número da barra controlada será aquele definido anteriormente nos dados de barra do programa <i>Anarede</i> (código <i>DBAR</i> ).

**Nota:** Embora seja permitido, não faz muito sentido usar reatância de compensação quando a barra controlada for uma barra remota ao invés da barra terminal do grupo gerador.

### 45.40.3 Opções de execução aplicáveis

- *CONT*
- *FILE*
- *IERR*
- *IMPR*
- *80CO*

### 45.40.4 Exemplo

Listagem 45.38: Exemplo da aplicação do código DMAQ

```

1  (=====
2  ( DADOS PARA OS MODELOS PREDEFINIDOS DE GERADORES SINCRONOS
3  (=====
4  DMDG MD01
5  (No) (L'd)(Ra )( H )( D )(MVA)Fr M E
6  751
7  999999
8  (
9  DMDG MD02
10 (No) (CS) (Ld )(Lq )(L'd) (L"d)(Ll )(T'd) (T"d)(T"q)
11 753
12 (No) (Ra )( H )( D )(MVA)Fr C
13 753
14 999999
15 (
16 (=====
17 ( DADOS PARA O MODELO PREDEFINIDO DE REGULADOR DE TENSAO
18 (=====
19 DRGT MD15
20 (No) (Ka )(Kq1)(Kq2)(Kp )(Ki )(Ms )( T )(Ta )(Te )(Tq )(Tse)(Van)(Vax)
21 78
22 (No) (Ka )(Kq1)(Kq2)(Kp )(Ki )(Ms )( T )(Ta )(Te )(Tq )(Tse)(Van)(Vax)
23 81
24 999999
25 (
26 (=====
27 ( DADOS PARA O MODELO PREDEFINIDO DE ESTABILIZADOR
28 (=====
29 DEST MD01
30 (No) ( K )( T )(T1 )(T2 )(T3 )(T4 )(Lmn)(Lmx)
31 39
32 999999
33 (
34 (=====
35 ( MODELO DEFINIDO PELO USUARIO PARA O ESTABILIZADOR DE TENSAO
36 (=====
37 DCDU
38 (ncdu) ( nome cdu )
39 144 ESTAB.TENSAO
40 (nb)i(tipo)o(stip)s(vent) (vsai) ( p1 )( p2 )( p3 )( p4 ) (vmin) (vmax)

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

41 ( ...
42 FIMCDU
43 (
44 999999
45 (
46 (=====
47 ( DADOS PARA O MODELO PREDEFINIDO DE REGULADOR DE VELOCIDADE
48 (=====
49 DRGV MD04
50 (No) (Bp) (Bt) (At) (Qnl) (Tp) (Ty) (Td) (Ts) (Tg) (Tw) (Lmn) (Lmx)
51 126
52 (No) (Gmn) (Gmx) (Dtb)
53 126
54 999999
55 (
56 (=====
57 ( ASSOCIACAO DAS GERACOES AOS MODELOS DE MAQUINAS SINCRONAS E CONTROLES
58 (=====
59 DMAQ
60 ( Nb) Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd) (Nbc)
61 1432 10 751
62 3500 10 60 60 3 753 78 126 144u
63 3500 20 40 40 2 753 81 126 39
64 999999

```

**Nota:** O exemplo ilustra a utilização do código *DMAQ* para a associação de geração a modelos de máquinas e respectivos sistemas de controle:

- Barra CA de geração número 1432: Grupo de máquina equivalente, com identificação número 10, constituída de 1 unidade, fornecendo 100% da geração ativa e reativa total da barra e utilizando o modelo predefinido de gerador *DMDG MD01* número 751.
- Barra CA de geração número 3500: Grupo de máquina equivalente, com identificação número 10 constituída de 3 unidades, fornecendo 60% da geração ativa e reativa total da barra, utilizando modelo predefinido de gerador *DMDG MD02* número 753, modelo predefinido de regulador de tensão *DRGT MD15* número 78, modelo predefinido de regulador de velocidade *DRGV MD04* número 126 e modelo predefinido de estabilizador de tensão *DEST MD01* número 39.

#### Ver também:

Para maiores informações sobre os modelos predefinidos de reguladores de tensão disponíveis nesta versão do *Anatem*, consulte a seção *Modelos Predefinidos de Regulador de Tensão e Excitatriz*; para maiores informações sobre os modelos predefinidos de reguladores de velocidade disponíveis nesta versão do *Anatem* consulte a seção *Modelos Predefinidos de Regulador de Velocidade e Turbina*.

#### Ver também:

Consulte a seção *Equação de Oscilação do Anatem* para maiores detalhes acerca de opções de execução que alteram o comportamento do programa.

## 45.41 DMCE

### 45.41.1 Função

Leitura de dados de modelo predefinido de compensador estático.

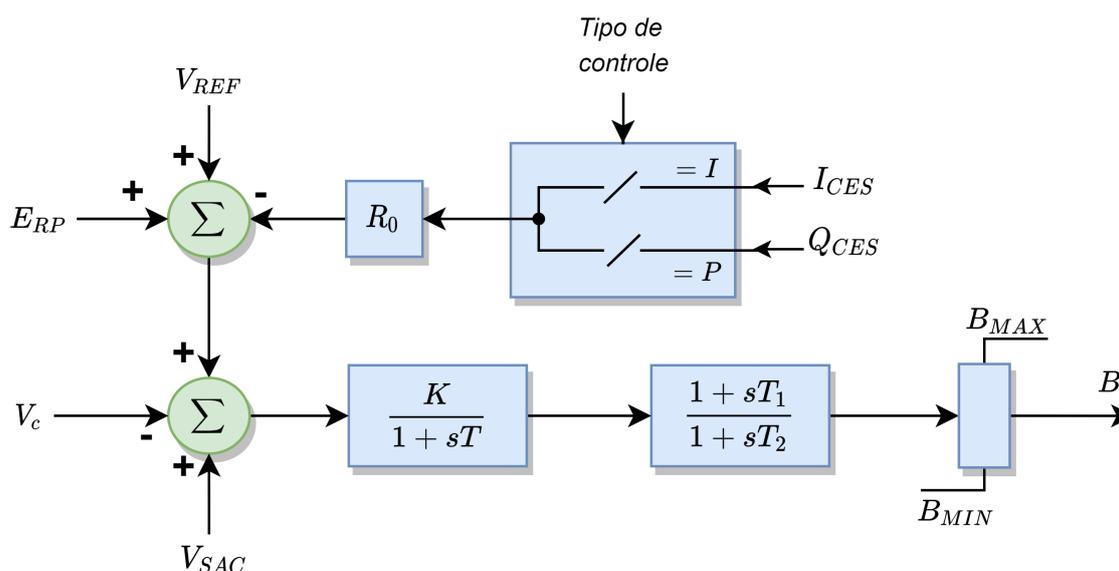
### 45.41.2 Utilização

#### MD01

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de compensador estático.
<b>K</b>	Parâmetro $K$ , conforme apresentado no diagrama de blocos para o modelo <i>MD01</i> .
<b>T</b>	Parâmetro $T$ , conforme apresentado no diagrama de blocos para o modelo <i>MD01</i> .
<b>T1</b>	Parâmetro $T1$ , conforme apresentado no diagrama de blocos para o modelo <i>MD01</i> .
<b>T2</b>	Parâmetro $T2$ , conforme apresentado no diagrama de blocos para o modelo <i>MD01</i> .

com:

- $V_c$  → Tensão da barra controlada pelo compensador estático, em  $pu$ .
- $V_{sac}$  → Sinal estabilizador aplicado no compensador estático, em  $pu$ .
- $V_{ref}$  → Sinal de referência (valor desejado para a tensão na barra controlada), em  $pu$ .
- $B_{min}$  → Susceptância mínima total do compensador estático, em  $pu$ .
- $B_{max}$  → Susceptância máxima total do compensador estático, em  $pu$ .
- $B$  → Susceptância total do compensador estático, em  $pu$ .
- $R_0$  → Estatismo do compensador estático, em  $pu$  de tensão/ $pu$  de corrente ou  $pu$  de tensão/ $pu$  de potência, conforme o tipo de controle definido no programa *Anarede*.
- $I_{ces}$  → Corrente injetada pelo compensador estático, em  $pu$  (positiva se operando na faixa capacitiva e negativa se operando na faixa indutiva).
- $Q_{ces}$  → Potência reativa injetada pelo compensador estático, em  $pu$  (positiva se operando na faixa capacitiva e negativa se operando na faixa indutiva).
- $E_{rp}$  → Sinal adicional em  $pu$  para fechamento de condições iniciais do fluxo de potência.



### 45.41.3 Opções de execução disponíveis

- *MD01*
- *CONT*
- *FILE*
- *IMPR*
- *80CO*
- *WARN*

**Nota:** A opção *MD01* é utilizada para ativação da leitura de dados do respectivo modelo predefinido de compensador estático.

### 45.41.4 Exemplo

Listagem 45.39: Exemplo da aplicação do código DMCE

```

1 (=====
2 ( DADOS PARA O MODELO PREDEFINIDO DE COMPENSADOR ESTATICO
3 (=====
4 DMCE MD01
5 (No) ( K ) ( T ) (T1 ) (T2 )
6 01 50.0 0.05 0.04 0.02
7 999999

```

## 45.42 DMCS

### 45.42.1 Função

Leitura de dados de modelo predefinido de compensador série controlável.

### 45.42.2 Utilização

#### DMCS MD01

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de compensador série controlável.
<b>Ki</b>	Ganho integral do bloco <i>PI</i> , em <i>pu</i> .
<b>Kp</b>	Ganho proporcional do bloco <i>PI</i> , em <i>pu</i> .
<b>T1</b>	Constante de avanço do bloco <i>LEAD-LAG</i> , em segundos.
<b>T2</b>	Constante de atraso do bloco <i>LEAD-LAG</i> , em segundos.

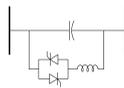


Fig. 45.4: Esquema básico do *Compensadores Série Controláveis*.

Este modelo de compensador série controlável só pode ser utilizado para equipamentos do tipo *Compensadores Série Controláveis* (“*Thyristor Controlled Series Capacitor*”), onde o capacitor é fixo e o indutor é controlado por válvulas tiristorizadas. Com isto a variação da sua reatância é feita de maneira contínua.

- $P$  → Potência ativa que flui no circuito onde está conectado o CSC, em *pu*.
- $|I|$  → Módulo da corrente que flui no circuito onde está conectado o CSC, em *pu*.
- $V_{sac}$  → Sinal estabilizador aplicado no compensador série controlável, em *pu*.

- $V_{ref}$  → Sinal de referência, em  $pu$ .
- $B_{min}$  → Susceptância mínima da parcela variável do compensador série controlável, em  $pu$ .
- $B_{max}$  → Susceptância máxima da parcela variável do compensador série controlável, em  $pu$ .
- $B_L$  → Susceptância do elemento indutivo do compensador série controlável, em  $pu$ .
- $B_C$  → Susceptância do elemento capacitivo do compensador série controlável, em  $pu$ .
- $B$  → Susceptância total do compensador série controlável, em  $pu$ .

## DMCS MD02

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de compensador série controlável.
<b>Kp</b>	Ganho, em $pu$ .
<b>T1</b>	Constante de avanço do bloco <i>LEAD-LAG</i> , em segundos.
<b>T2</b>	Constante de atraso do bloco <i>LEAD-LAG</i> , em segundos.
<b>DB</b>	Largura da banda morta, em $pu$ .

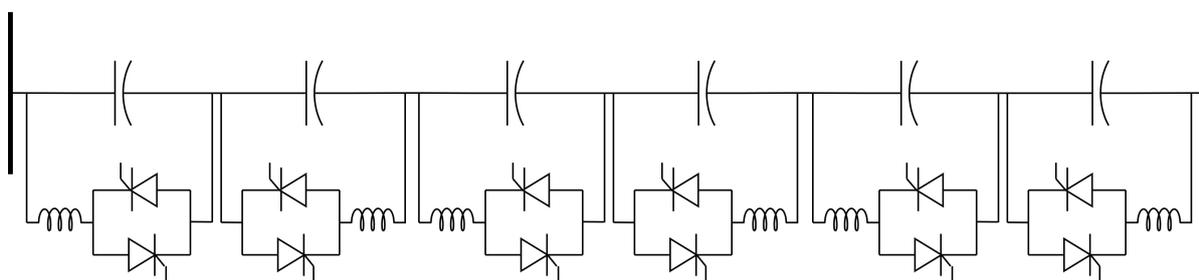


Fig. 45.5: Esquema básico do *Compensadores Série Controláveis*. Os indutores servem apenas para limitação da derivada de corrente de chaveamento e não para compensação reativa.

Este modelo de compensador série controlável só pode ser utilizado para equipamentos do tipo TSSC (“*Thyristor Switched Series Capacitor*”), onde os capacitores são chaveados através de válvulas tiristorizadas. Com isto a variação da sua reatância é feita de maneira discreta.

- $P$  → Potência ativa que flui no circuito onde está conectado o CSC, em  $pu$ .
- $|I|$  → Módulo da corrente que flui no circuito onde está conectado o CSC, em  $pu$ .
- $V_{sac}$  → Sinal estabilizador aplicado no compensador série controlável, em  $pu$ .
- $V_{ref}$  → Sinal de referência correspondente ao valor especificado no *Anarede*, em  $pu$ .
- $V_{ref1}$  → Sinal de referência auxiliar para ajuste das condições iniciais em regime permanente, em  $pu$ .
- $X_{min}$  → Reatância mínima do compensador série controlável, em  $pu$ .
- $X_{max}$  → Reatância máxima do compensador série controlável, em  $pu$ .
- $B$  → Susceptância do compensador série controlável, em  $pu$ .

## 45.42.3 Opções de execução disponíveis

- *MD01*
- *MD02*
- *CONT*
- *FILE*
- *IMPR*
- *80CO*
- *WARN*

**Nota:** As opções *MD01* e *MD02* são utilizadas para ativação da leitura de dados dos respectivos tipos de modelo de compensador série controlável. Somente uma destas opções pode ser ativada em cada execução do código *DMCS*.

## 45.42.4 Exemplo

Listagem 45.40: Exemplo da aplicação do código DMCS

```

1 (=====
2 ( DADOS DE MODELOS PREDEFINIDOS DE CSC
3 (=====
4 DMCS MD01
5 (No) (Ki) (Kp) (T1) (T2)
6 0001 20. 1. 0.1 1.0
7 999999
8 (
9 DMCS MD02
10 (No) (Kp) (T1) (T2) (DB)
11 0002 10. 0.1 5.0 0.2
12 999999

```

## 45.43 DMCV

### 45.43.1 Função

Leitura de dados de modelos predefinidos de controle de conversor. A associação do modelo de conversor aos seus respectivos controles é feita através do código *DCNV*.

### 45.43.2 Utilização

**Atenção:** O modelo *built-in* de conversor identificado pelo mneumônico *MD02* foi retirado do programa por obsolescência.

**Dica:** Para exibir a régua de auxílio para o preenchimento dos campos, digite, ao lado do código *DMCV*, o mneumônico de identificação do modelo *built-in* de conversor CA-CC (*MD01* ou *MD03*) e, em seguida, utilize o atalho *ctrl+\**. Assim como no caso dos modelos para máquinas síncronas, os dados para os conversores são inseridos em dois ou mais registros (régua). A segunda régua pode ser adicionada após preenchidos todos os campos da primeira régua e, em seguida, pressionando *Enter* e, por fim, *ctrl+\**; de forma análoga para as demais régua necessárias.

#### DMCV MD01

Os diagramas de blocos do Modelo 03 são detalhados na seção *Diagramas do Modelo 01 de Controle de Conversor CA-CC*.

Primeira Régua:

<b>Nm</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor.
<b>Vmn</b>	Tensão mínima no conversor, em pu, para liberação da medição do sinal $V_{rp}$ decorridos $T_{del1}$ segundos após o congelamento deste sinal.
<b>Tvp</b>	Constante de tempo do bloco de medição para a obtenção do sinal $V_{rp}$ a partir da tensão CC de saída do conversor, em segundos.
<b>Tx1</b>	Taxa de redução da tensão no conversor, em pu de tensão/segundo, acima da qual o controle interpretará que houve uma falta no sistema CA e congelará o sinal de tensão $V_{rp}$ usado para calcular a ordem de corrente em modo de controle de potência.
<b>Td1</b>	Período de tempo mínimo durante o qual o sinal $V_{rp}$ ficará congelado, em segundos. O descongelamento depende do limite $V_{dcmin}$ .
<b>Yal</b>	Acréscimo de corrente do conversor que provocará aquecimento nas válvulas e equipamentos. Este valor deve ser dado como porcentagem da corrente nominal do conversor.
<b>Tmx</b>	Constante de tempo do integrador do controle do limite de sobrecarga de longa duração, em segundos.
<b>Amx</b>	Aquecimento máximo admissível nos equipamentos, em $(pudecorrenteCC)^2 \times$ segundo.
<b>Gmx</b>	Ganho do limitador do controle de sobrecarga de longa duração, em $1/(\text{pu de corrente CC times segundo})$ . Se for deixado em branco o controle de sobrecarga é ignorado (variáveis $YALIM$ , $T_{max}$ e $A_{max}$ sem efeito) e o limite de sobrecarga, fica constante e igual a $ST_{max}$ .
<b>Stx</b>	Acréscimo máximo de corrente de curta duração. Este valor deve ser dado como % da corrente nominal do conversor.
<b>F</b>	Entre com a letra G se o inversor em controle de tensão for controlado por gama mínimo ou com a letra A ou branco se o controle for por área mínima de comutação. Para retificador este campo é ignorado.

Segunda Régua:

<b>Nm</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor definido no primeiro registro.
<b>Tvd</b>	Constante de tempo de descida do $VDCOL$ (“Voltage Dependent Current Order Limiter”), em segundos.
<b>Tvs</b>	Constante de tempo de subida do $VDCOL$ , em segundos.
<b>Vdn</b>	Tensão entre os terminais do conversor abaixo da qual a ordem de corrente do conversor não sofre mais redução pelo $VDCOL$ , em %.
<b>Vdx</b>	Tensão entre os terminais do conversor abaixo da qual a ordem de corrente do conversor começa a sofrer redução pelo $VDCOL$ , em %.
<b>Frn</b>	Fator de redução da ordem de corrente do conversor para tensões entre os terminais do conversor abaixo de $V_{dcl,min}$ (adimensional), em %.
<b>Imn</b>	Valor mínimo da ordem de corrente do conversor, em % da corrente nominal.
<b>Imx</b>	Valor máximo da ordem de corrente do conversor, em % da corrente nominal.
<b>Img</b>	Margem de corrente do conversor, em % da corrente nominal.
<b>Ki</b>	Ganho integral do controlador de corrente, em graus/(pu de corrente CC $\times$ segundo).
<b>Kp</b>	Ganho proporcional do controlador de corrente, em graus/(pu de corrente CC).
<b>To</b>	Constante de tempo do bloco correspondente ao $VCO$ (“Voltage Controlled Oscillator”) realimentado, em segundos.
<b>Kcg</b>	Ganho do $CEC$ (“Current Error Control”), em graus/(pu de corrente CC).

### DMCV MD03

Os diagramas de blocos do Modelo 03 são detalhados na seção *Diagramas do Modelo 03 de Controle de Conversor CA-CC*.

Primeira Régua:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor.
<b>Vmn</b>	Tensão mínima no conversor, em pu, para liberação da medição do sinal $V_{rp}$ decorridos $T_{del1}$ segundos após o congelamento deste sinal.
<b>Tvp</b>	Constante de tempo do bloco de medição para a obtenção do sinal $V_{rp}$ a partir da tensão CC de saída do conversor, em segundos.
<b>Tx1</b>	Taxa de redução da tensão no conversor, em pu de tensão/segundo, acima da qual o controle interpretará que houve uma falta no sistema CA e congelará o sinal de tensão $V_{rp}$ usado para calcular a ordem de corrente em modo de controle de potência.
<b>Td1</b>	Período de tempo mínimo durante o qual o sinal $V_{rp}$ ficará congelado, em segundos. O descongelamento depende do limite $V_{dcmin}$ .
<b>Yal</b>	Acréscimo de corrente do conversor que provocará aquecimento nas válvulas e equipamentos. Este valor deve ser dado como % da corrente nominal do conversor.
<b>Tmx</b>	Constante de tempo do integrador do controle do limite de sobrecarga de longa duração, em segundos.
<b>Amx</b>	Aquecimento máximo admissível nos equipamentos, em $(pudecorrenteCC)^2 \times$ segundo.
<b>Gmx</b>	Ganho do limitador do controle de sobrecarga de longa duração, em $1/(pu \text{ de corrente } CC \times \text{segundo})$ . Se for deixado em branco o controle de sobrecarga é ignorado (variáveis $YALIM$ , $T_{max}$ e $A_{max}$ sem efeito) e o limite de sobrecarga fica constante e igual a $ST_{max}$ .
<b>Stx</b>	Acréscimo máximo de corrente de curta duração. Este valor deve ser dado como % da corrente nominal do conversor.
<b>F</b>	Entre com a letra G se o inversor em controle de tensão for controlado por gama mínimo ou com a letra A ou branco se o controle for por área mínima de comutação. Para retificador este campo é ignorado.
<b>Tfv</b>	Constante de tempo, em segundos, para a medição da tensão CA do primário do transformador conversor, a ser usada no cálculo de $\alpha$ máximo para o inversor. Caso este campo seja deixado em branco esta constante de tempo será ignorada, ou seja, a medição de tensão será instantânea.

Segunda Régua:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor definido no primeiro registro.
<b>Tvd</b>	Constante de tempo de descida do $VDCOL$ ("Voltage Dependent Current Order Limiter"), em segundos.
<b>Tvs</b>	Constante de tempo de subida do $VDCOL$ , em segundos.
<b>Vdn</b>	Tensão entre os terminais do conversor abaixo da qual a ordem de corrente do conversor não sofre mais redução pelo $VDCOL$ , em %.
<b>Vdx</b>	Tensão entre os terminais do conversor abaixo da qual a ordem de corrente do conversor começa a sofrer redução pelo $VDCOL$ , em %.
<b>Frn</b>	Fator de redução da ordem de corrente do conversor para tensões entre os terminais do conversor abaixo de $V_{dclmin}$ (adimensional), em %.
<b>Imn</b>	Valor mínimo da ordem de corrente do conversor, em % da corrente nominal.
<b>Imx</b>	Valor máximo da ordem de corrente do conversor, em % da corrente nominal.
<b>Img</b>	Margem de corrente do conversor, em % da corrente nominal.
<b>Ki</b>	Ganho integral do controlador de corrente, em graus/(pu de corrente CC $\times$ segundo).
<b>Kp</b>	Ganho proporcional do controlador de corrente, em graus/(pu de corrente CC).
<b>To</b>	Constante de tempo do bloco correspondente ao $VCO$ ("Voltage Controlled Oscillator") realimentado, em segundos.
<b>Kcg</b>	Ganho do $CEC$ ("Current Error Control") para controle de $\gamma$ : constante, em graus/(pu de corrente CC).
<b>Kca</b>	Ganho do $CEC$ ("Current Error Control") para controle de área constante, em graus $\times$ (pu de tensão CA)/(pu de corrente CC).

Terceira Régua:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor definido no primeiro registro.
<b>Tri</b>	Constante de tempo do bloco de filtragem do sinal de erro para <i>RIAC</i> , em segundos.
<b>Lri</b>	Valor de referência do erro filtrado de corrente acima do qual há atuação do <i>RIAC</i> , em % da corrente nominal do conversor.
<b>Tof1</b>	Tempo durante o qual o sinal de saída do <i>RIAC</i> será mantido no valor $ARIAC_{max}$ após violação do limite <i>REFRIAC</i> em segundos.
<b>Tof2</b>	Tempo durante o qual o <i>RIAC</i> fica bloqueado para novas atuações, em segundos.
<b>Ari</b>	Valor de $\alpha$ mínimo ordenado pelo <i>RIAC</i> quando em atuação.
<b>Laml</b>	Valor de tensão CA no barramento do conversor abaixo do qual o <i>RAML</i> começa seu ciclo de atuação, em % do valor da tensão CA em $t = 0$ .
<b>Ton1</b>	Período durante o qual a tensão CA deve ficar abaixo do limite <i>REFAML</i> para que o sinal $\alpha_{aml1}$ vá para o valor $ARAML1_{max}$ , em segundos.
<b>Ton2</b>	Atraso adicional para que o sinal $\alpha_{aml2}$ vá para o valor $ARAML2_{max}$ , em segundos.
<b>Tof3</b>	Período durante o qual a tensão CA deve se manter acima do limite <i>REFAML</i> para que o <i>RAML</i> inicie processo de desligamento, em segundos.
<b>Saml</b>	Inclinação para redução do sinal $\alpha_{aml1}$ até 0 deg, em graus/milissegundos.
<b>Aml1</b>	Valor de $\alpha$ mínimo ordenado para o sinal $\alpha_{aml1}$ pelo <i>RAML</i> quando em atuação, em graus.
<b>Aml2</b>	Valor de $\alpha$ mínimo ordenado para o sinal $\alpha_{aml2}$ pelo <i>RAML</i> quando em atuação, em graus.
<b>Tcf</b>	Constante de tempo da proteção de falha de comutação, em segundos. Se igual a 0 a proteção de falha de comutação não é ativada.

Quarta Régua:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de controle de conversor definido no primeiro registro.
<b>VDmn</b>	Nível mínimo da tensão que divide a ordem de potência, em <i>pu</i> .
<b>Thdm</b>	Tempo do ciclo de cálculo da ordem de potência, em segundos.
<b>Tvdn</b>	Constante de tempo da normalização do <i>VDCOL</i> , em segundos.
<b>Telec</b>	Constante de tempo do filtro que simula o atraso de telecomunicação, em segundos.
<b>L</b>	Indica se o limitador de derivada de $\alpha$ está ativado ( <i>S</i> ) ou não ( <i>N</i> ). Se for deixado em branco, será considerado o valor <i>N</i> .

**Nota:** A corrente nominal do conversor citada nos campos *YALIM*, *IOMIN*, *IOMAX* e *IMARG* é fornecida no *Anarede*.

### 45.43.3 Opções de execução disponíveis

- *MD01*
- *MD03*
- *WARN*

### 45.43.4 Exemplo

Listagem 45.41: Exemplo da aplicação do código DMCV

```

1 (=====
2 ( DADOS PARA MODELOS TIPO 1 PREDEFINIDO DE CONVERSOR
3 (=====
4 DMCV MD01
5 ( Dados para o modelo - 1º registro
6 (Nm) (Vmn) (Tvp) (Tx1) (Td1) (Yal) (Tmx) (Amx) (Gmx) (Stx) F
7 01
8 ( Dados para o modelo - 2º registro

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

9 (Nm) (Tvd) (Tvs) (Vdn) (Vdx) (Frn) (Imn) (Imx) (Img) (Ki ) (Kp ) (To ) (Kcg)
10 01
11 999999
12 (=====
13 ( DADOS PARA MODELOS TIPO 3 PREDEFINIDO DE CONVERSOR
14 (=====
15 DMCV MD03
16 ( Dados para o modelo - 1º registro
17 (No) (Vmn) (Tvp) (Tx1) (Td1) (Yal) (Tmx) (Amx) (Gmx) (Stx) F (Tfv)
18 03
19 ( Dados para o modelo - 2º registro
20 (No) (Tvd) (Tvs) (Vdn) (Vdx) (Frn) (Imn) (Imx) (Img) (Ki ) (Kp ) (To ) (Kcg) (Kca)
21 03
22 ( Dados para o modelo - 3º registro
23 (No) (Tri) (Lri) (Tof1) (Tof2) (Ari) (Laml) (Ton1) (Ton2) (Tof3) (Saml) (Aml1) (Aml2) (Tcf)
24 03
25 ( Dados para o modelo - 4º registro
26 (No) (VDmn) (Thdm) (Tvdn) (Telc L
27 03
28 999999

```

**Ver também:**

Para maiores detalhes à respeito dos modelos *built-in* de conversores CA-CC disponíveis no *Anatem* e os demais componentes dos elos de corrente contínua, consultar a seção *Elos de Corrente Contínua LCC*. Para maiores informações à respeito da associação dos modelos de conversores aos seus respectivos controles, consultar o código *DCNV*.

## 45.44 D MDF

### 45.44.1 Função

Leitura de dados de modelos predefinidos de *gerador de indução com dupla alimentação*.

### 45.44.2 Utilização

<b>No</b>	Número de identificação do modelo.
<b>Rs</b>	Resistência do estator, em %.
<b>Xs</b>	Reatância do estator, em %.
<b>Xm</b>	Reatância de magnetização, em %.
<b>Rr</b>	Resistência do rotor, em %.
<b>Xr</b>	Reatância do rotor, em %.
<b>H</b>	Constante de inércia do conjunto gerador/turbina, em segundos.
<b>D</b>	Amortecimento, em <i>pu/pu</i> .
<b>HPb</b>	Potência base de 1 unidade, em <i>HP</i> .
<b>Xtrf</b>	Reatância do transformador do conversor ligado ao estator, em %.
<b>Strf</b>	Potência base do transformador do conversor ligado ao estator, em <i>MVA</i> .

### 45.44.3 Opções de execução disponíveis

- *CONT*
- *IMPR*
- *FILE*
- *80CO*

### 45.44.4 Exemplo

Listagem 45.42: Exemplo da aplicação do código *DMDF*

```

1 (=====
2 ( DADOS DOS MODELOS PREFEFINIDOS DE GERADORES DFIG
3 (=====
4 DMDF
5 (No) (Rs)(Xs)(Xm)(Rr)(Xr)(H)(D)(HPb)(Xtrf)(Strf)
6 11 0.850 5.776 505.9 0.712 8.094 3.5 1140. 5. 0.3
7 (No) (Rs)(Xs)(Xm)(Rr)(Xr)(H)(D)(HPb)(Xtrf)(Strf)
8 12 0.770 3.254 509.2 0.882 6.014 3.2 1220. 5. 0.3
9 (No) (Rs)(Xs)(Xm)(Rr)(Xr)(H)(D)(HPb)(Xtrf)(Strf)
10 13 0.820 3.664 509.2 0.872 4.016 3.1 1000. 5. 0.3
11 999999

```

#### Ver também:

Para maiores informações consulte a seção *gerador de indução com dupla alimentação*.

## 45.45 DMDG

### 45.45.1 Função

Leitura de dados de modelos predefinidos de máquina síncrona (gerador por “*default*”). Os modelos definidos por este código devem se associados às gerações definidas por meio do código *DMAQ*.

### 45.45.2 Utilização

Uma de três opções de execução (*MD01* a *MD03*) deve estar ativada. Os parâmetros de cada opção seguem:

#### DMDG MD01

Modelo Clássico de máquina síncrona com fonte de tensão constante em série com a reatância transitória de eixo direto. A régua definição do modelo clássico, a menos de barra infinita, exige o preenchimento dos seguintes parâmetros:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de máquina síncrona
<b>L'd</b>	Indutância transitória de eixo direto, em %
<b>Ra</b>	Resistência do enrolamento de armadura, em % ( <i>default</i> = 0)
<b>H</b>	Constante de inércia, em segundos. Representa a relação entre a energia cinética armazenada no grupo turbina-gerador, à velocidade síncrona, e a potência aparente nominal da máquina
<b>D</b>	Constante de amortecimento, em pu/pu. Representa a relação entre a potência de amortecimento, em pu na base da máquina e a variação da velocidade do rotor em pu na base da velocidade síncrona ( <i>default</i> = 0)
<b>MVA</b>	Potência aparente nominal da máquina, em MVA, usada como base para os parâmetros
<b>Fr</b>	Frequência síncrona da máquina, em Hz ( <i>default</i> = 60)
<b>C</b>	Também referida como “ <i>opção CORFREQ</i> ”. Indica se será considerada ( <i>S</i> ) ou não ( <i>N</i> ) a <i>correção com a frequência nas equações de oscilação eletromecânica</i> e nas equações elétricas do gerador ( <i>default</i> = <i>N</i> )

**DMDG MD02**

Modelo de máquina síncrona de polos salientes com um enrolamento de campo e dois enrolamentos amortecedores sendo um no eixo direto e outro no eixo em quadratura. A saliência subtransitória é desprezada neste modelo. Este tipo de modelo de máquina é usualmente utilizado para a representação de usinas hidráulicas. Duas régua precisam ser preenchidas para este modelo. A primeira régua possui os seguintes parâmetros:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de máquina síncrona
<b>CS</b>	Número de identificação da curva de saturação, como definido no campo Curva de Saturação do código <i>DCST</i>
<b>Ld</b>	Indutância síncrona de eixo direto, em %
<b>Lq</b>	Indutância síncrona de eixo em quadratura, em %
<b>L'd</b>	Indutância transitória de eixo direto, em %
<b>L'q</b>	Indutância subtransitória de eixo direto, em %
<b>Ll</b>	Indutância de dispersão da armadura, em %
<b>T'd</b>	Constante de tempo transitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos
<b>T'q</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos
<b>T''d</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo em quadratura em circuito aberto, em segundos
<b>T''q</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo em quadratura em circuito aberto, em segundos

A segunda régua possui os seguintes parâmetros:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de máquina síncrona
<b>Ra</b>	Resistência do enrolamento de armadura, em % ( <i>default = 0</i> )
<b>H</b>	Constante de inércia, em segundos. Representa a relação entre a energia cinética armazenada no grupo turbina-gerador, à velocidade síncrona, e a potência aparente nominal da máquina
<b>D</b>	Constante de amortecimento, em pu/pu. Representa a relação entre a potência de amortecimento, em pu na base da máquina e a variação da velocidade do rotor em pu na base da velocidade síncrona ( <i>default = 0</i> )
<b>MVA</b>	Potência aparente nominal da máquina, em MVA, usada como base para os parâmetros
<b>Fr</b>	Frequência síncrona da máquina, em Hz ( <i>default = 60</i> )
<b>C</b>	Também referida como “ <i>opção CORFREQ</i> ”. Indica se será considerada ( <i>S</i> ) ou não ( <i>N</i> ) a <i>correção com a frequência nas equações de oscilação eletromecânica</i> e nas equações elétricas do gerador ( <i>default = N</i> )

**DMDG MD03**

Modelo de máquina síncrona de rotor liso com um enrolamento de campo e três enrolamentos amortecedores sendo um no eixo direto e dois no eixo em quadratura. Este tipo de modelo de máquina é usualmente utilizado para a representação de usinas hidráulicas. Duas régua precisam ser preenchidas para este modelo. A primeira régua possui os seguintes parâmetros:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de máquina síncrona
<b>CS</b>	Número de identificação da curva de saturação, como definido no campo Curva de Saturação do Código de Execução DCST
<b>Ld</b>	Indutância síncrona de eixo direto, em %
<b>Lq</b>	Indutância síncrona de eixo em quadratura, em %
<b>L'd</b>	Indutância transitória de eixo direto, em %
<b>L'q</b>	Indutância transitória de eixo em quadratura, em %
<b>L'q'</b>	Indutância subtransitória de eixo direto, em %
<b>Ll</b>	Indutância de dispersão da armadura, em %
<b>T'd</b>	Constante de tempo transitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos
<b>T'q</b>	Constante de tempo transitória de eixo em quadratura em circuito aberto, em segundos
<b>T''d</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos
<b>T''q</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo em quadratura em circuito aberto, em segundos

A segunda régua possui os seguintes parâmetros:

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de máquina síncrona
<b>Ra</b>	Resistência do enrolamento de armadura, em % ( <i>default = 0</i> )
<b>H</b>	Constante de inércia, em segundos. Representa a relação entre a energia cinética armazenada no grupo turbina-gerador, à velocidade síncrona, e a potência aparente nominal da máquina
<b>D</b>	Constante de amortecimento, em pu/pu. Representa a relação entre a potência de amortecimento, em pu na base da máquina e a variação da velocidade do rotor em pu na base da velocidade síncrona ( <i>default = 0</i> )
<b>MVA</b>	Potência aparente nominal da máquina, em MVA, usada como base para os parâmetros
<b>Fr</b>	Frequência síncrona da máquina, em Hz ( <i>default = 60</i> )
<b>C</b>	Também referida como “ <i>opção CORFREQ</i> ”. Indica se será considerada ( <i>S</i> ) ou não ( <i>N</i> ) a <i>correção com a frequência nas equações de oscilação eletromecânica</i> e nas equações elétricas do gerador ( <i>default = N</i> )

### 45.45.3 Opções de execução disponíveis

- MD01
- MD02
- MD03
- WARN

### 45.45.4 Exemplo

Listagem 45.43: Exemplo da aplicação do código DMDG

```

1  DMDG MD01
2  ( barra infinita
3  (No) (L'd)(Ra )( H )( D )(MVA)Fr C
4  0020
5  999999
6  (
7  DMDG MD02
8  (No) (CS) (Ld )(Lq )(L'd) (L''d) (L1 )(T'd) (T''d)(T''q)
9  (No) (Ra )( H )( D )(MVA)Fr C
10 0014 11 170.0100.0 37.0 22.0 15.4 9.00 .060 .200
11 0014 1.600 300.
12 999999
13 (
14 DMDG MD03
15 (No) (CS) (Ld )(Lq )(L'd)(L'q)(L''d)(L1 )(T'd)(T'q)(T''d)(T''q)
16 (No) (Ra )( H )( D )(MVA)Fr C
17 999999

```

#### Ver também:

Para maiores detalhes acerca do preenchimento dos modelos de máquina síncronas, ver *Modelos Predefinidos de Máquina Síncrona*.

#### Ver também:

Consulte a seção *Equação de Oscilação do Anatem* para maiores detalhes acerca de opções de execução que alteram o comportamento do programa.

## 45.46 DMEL

### 45.46.1 Função

Leitura de dados de modelos predefinidos de elos CC.

### 45.46.2 Utilização

No	Identificador do evento a ser aplicado
C	Letra <i>P</i> se for desejado o modo de controle de potência ou a letra <i>C</i> se for desejado o modo de controle de corrente.
<i>Tbp</i>	Constante de tempo para o balanceador de ordem de corrente (ver Seção <i>Modelos de Conversores CA-CC</i> ) do polo do elo, em segundos. Se o campo for deixado em branco o balanceador de ordem de corrente do polo será desativado.

### 45.46.3 Opções de execução disponíveis

- *MD01*
- *WARN*

### 45.46.4 Exemplo

Listagem 45.44: Exemplo da aplicação do código DMEL

```

1 (=====
2 ( DADOS DE MODELOS PREDEFINIDOS DE ELOS CCAT
3 (=====
4 DMEL MD01
5 (
6 ( Modelo com controle de corrente
7 (No)  C (Tbp)
8 0010  C
9 (
10 ( Modelo com controle de potencia
11 (No)  C (Tbp)
12 0020  P
13 (
14 999999

```

#### Ver também:

Para mais informações a respeito dos modelos de conversores Ca-CC, consulte a seção *Modelos de Conversores CA-CC*. Para mais informações a respeito da associação dos dados dos elos CC, consulte o código *DELO*.

## 45.47 DMGE

### 45.47.1 Função

Leitura de dados de modelos predefinidos de *Geradores Síncronos Eólicos*.

### 45.47.2 Utilização

#### Primeira Régua

<b>No</b>	Número de identificação do modelo.
<b>CS</b>	Número de identificação da curva de saturação, como definido no campo <i>Nc</i> código <i>DCST</i> .
<b>Ld</b>	Indutância síncrona de eixo direto, em %.
<b>Lq</b>	Indutância síncrona de eixo em quadratura, em %.
<b>L'd</b>	Indutância transitória de eixo direto, em %.
<b>L''d</b>	Indutância subtransitória de eixo direto, em %.
<b>Ll</b>	Indutância de dispersão da armadura, em %.
<b>T'd</b>	Constante de tempo transitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos.
<b>T''d</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo direto em circuito aberto, em segundos.
<b>T''q</b>	Constante de tempo subtransitória de eixo em quadratura em circuito aberto, em segundos.

#### Segunda Régua

<b>No</b>	Número de identificação do modelo definido no primeira régua.
<b>Ra</b>	Resistência do enrolamento de armadura, em %.
<b>H</b>	Constante de inércia, em segundos. Representa a relação entre a energia cinética armazenada no grupo turbina-gerador, à velocidade síncrona, e a potência aparente nominal da máquina.
<b>D</b>	Constante de amortecimento, em <i>pu/pu</i> . Representa a relação entre a potência de amortecimento, em <i>pu</i> na base da máquina e a variação da velocidade do rotor, em <i>pu</i> na base da velocidade síncrona.
<b>MVA</b>	Potência aparente nominal da máquina, em <i>MVA</i> , usada como base para os parâmetros e para as grandezas da máquina.
<b>Freq</b>	Frequência nominal da máquina, em <i>Hz</i> .
<b>Bf</b>	Valor da admitância shunt correspondente a filtro nos terminais do gerador, em <i>pu</i> .
<b>C</b>	Indica se será considerada ( <i>S</i> ) ou não ( <i>N</i> ) a correção com a frequência nas equações de oscilação eletromecânica e nas equações elétricas do gerador. Se for deixado em branco, será considerado o valor <i>N</i> .
<b>Pbcc</b>	Potência base do sistema CC, em <i>MW</i> .
<b>Vbcc</b>	Tensão base do sistema CC, em <i>kV</i> .
<b>Rs</b>	Resistência do reator do “ <i>chopper</i> ”, em ohms.
<b>Ls</b>	Indutância do reator do “ <i>chopper</i> ”, em <i>mH</i> .
<b>Cvsi</b>	Capacitância do capacitor CC do inversor, em <i>mF</i> .

#### Terceira Régua

<b>No</b>	Número de identificação do modelo definido no primeira régua.
<b>N</b>	Número de pontes de 6 pulsos no retificador.
<b>Xtr1</b>	Reatância de transformador do conversor 1 (retificador), em %.
<b>Tap1</b>	Tap de transformador do conversor 1 (retificador) no lado secundário, em <i>pu</i> .
<b>Vtr1</b>	Tensão base no lado secundário do transformador do conversor 1 (retificador), em <i>pu</i> .
<b>Str1</b>	Potência base do transformador do conversor 1 (retificador), em <i>MVA</i> .
<b>Xtr2</b>	Reatância do transformador do conversor 2 (inversor), em %.
<b>Tap2</b>	Tap do transformador do conversor 2 (inversor) no lado secundário, em <i>pu</i> .
<b>Vtr2</b>	Tensão base no lado secundário do transformador do conversor 2 (inversor), em <i>kV</i> .
<b>Str2</b>	Potência base do transformador do conversor 2 (inversor), em <i>MVA</i> .
<b>Vcmn</b>	Tensão mínima do capacitor CC para desligamento do equipamento, em <i>pu</i> .
<b>Vcmx</b>	Tensão máxima do capacitor CC para desligamento do equipamento, em <i>pu</i> .

### 45.47.3 Opções de execução aplicáveis

- *MD01*
- *CONT*
- *FILE*
- *IMPR*
- *80CO*

**Aviso:** A opção *MD01* é utilizada para ativação da leitura de dado do modelo tipo 1 de *gerador eólico com máquina síncrona*. A versão atual do *Anatem* possui apenas este modelo.

### 45.47.4 Exemplo

Listagem 45.45: Exemplo da aplicação do código *DMGE*

```

1 (=====
2 ( DADOS DE MODELO PREDEFINIDOS DE GERADOR EOLICO COM MAQUINA SINCRONA
3 (=====
4 DMGE MD01
5 (No) (CS) (Ld) (Lq) (L'd) (L''d) (L1) (T'd) (T''d) (T''q)
6 1 163.2 70.2 38. 29.2 16.7 6.5 0.06 0.12
7 (No) (Ra) (H) (D) (MVA) (Freq) (Bf) C (Pbcc) (Vbcc) (Rs) (Ls) (Cvsi)
8 1 0.0 3.20 0.00 0.880 15.0 0.0 S 1.0 1.8 .01 4. 4.
9 (No) N (Xtr1) (Tap1) (Vtr1) (Str1) (Xtr2) (Tap2) (Vtr2) (Str2) (Vcmn) (Vcmx)
10 1 1 9. .981 1.0 1.0 10. 1. .690 1.0
11 999999

```

**Ver também:**

Para maiores informações, consulte a seção *gerador eólico com máquina síncrona*.

## 45.48 DMIF

### 45.48.1 Função

Definição de barras para o cálculo do *Multi-Infeed Interaction Factor* (MIIF). O MIIF é um parâmetro de sensibilidade, calculado por meio de simulações, que procura estimar a distância elétrica entre os elos de corrente contínua envolvidos no cálculo, relacionando a influência de uma variação de tensão na barra de comutação do elo  $i$  e seu impacto na tensão da barra de comutação do elo  $j$

$$MIIF_{j,i} = \frac{\Delta V_j}{\Delta V_i}$$

O índice  $j$  representa todos os elos próximos eletricamente do elo  $i$ ;  $\Delta V_i$  e  $\Delta V_j$  são as variações de tensão observadas nas barras inversoras  $i$  e  $j$  quando do chaveamento de um reator na barra  $i$ .  $\Delta V_i$  deve ser próximo de 1% para que a resposta do sistema esteja na região da operação linear. O MIIF é calculado através do uso do código *EAMI*, nesta análise serão incluídas automaticamente todas as barras inversoras de elos, além das barras fornecidas por meio do código *DMIF*. Não é possível calcular o MIIF de barras modeladas como barra infinita.

### 45.48.2 Utilização

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra para cálculo do MIIF.
-----------	--

### 45.48.3 Opções de execução disponíveis

- *CONT*
- *FILE*
- *IERR*
- *80CO*

## 45.48.4 Exemplo

Listagem 45.46: Exemplo da aplicação do código *DMIF*

```

1 (=====
2 ( DEFINICAO DE BARRAS PARA CALCULO DO INDICE MIIF
3 (=====
4 DMIF
5 ( Nb )
6 100
7 1200
8 999999

```

### Ver também:

Para maiores informações sobre a análise multi-infeed, consulte o código *EAMI* e a seção *Elos de Corrente Contínua LCC*.

## 45.49 DMOT

### 45.49.1 Função

Leitura de dados de modelo predefinidos de motor/gerador de indução.

As máquinas de indução sem dados de dinâmica são convertidas automaticamente pelo programa para impedâncias constantes.

Para as máquinas de indução operando como motor de indução os parâmetros  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ , e  $\eta$ , permitem definir a curva torque mecânico x velocidade ( $T_m \times \omega$ ) da carga.

É possível modelar o torque mecânico da máquina por *CDU*. No caso de máquina de indução operando como gerador de indução esta opção permite, por exemplo, modelar uma turbina eólica acoplada ao eixo.

Nos motores de indução que tenham sido modelados é possível gerar modificações automáticas dos sinais de torque mecânico, através do código *DCEN* (modificação automática de cenário de carga/geração).

### 45.49.2 Utilização

A régua de preenchimento deste código é única para os dois modelos de motor de indução convencional. Os seguintes parâmetros devem ser preenchidos para o código *DMOT*:

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra terminal da máquina de indução
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de máquinas de indução. Em uma barra podem estar conectados um ou mais grupos de máquinas. Um grupo pode ser constituído por um ou mais máquinas de indução.
<b>H</b>	Constante de inércia de uma unidade do conjunto motor de indução-carga mecânica ou gerador de indução-turbina, em segundos. Esta constante é fornecida na base de potência definida no programa <i>Anarede</i>
<i>K0</i>	Parâmetro da curva de torque de carga para motor de indução
<i>K1</i>	Parâmetro da curva de torque de carga para motor de indução
<i>K2</i>	Parâmetro da curva de torque de carga para motor de indução
<i>EXP</i>	Parâmetro $\eta$ da curva de torque de carga para motor de indução
<b>M</b>	Tipo de representação: 1 ou 2 (ver <i>Máquinas de Indução Convencional</i> )

**Atenção:** Os parâmetros  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$ , e  $\eta$  só podem ser fornecidos para motores de indução (o programa verifica o sinal da potência elétrica inicial na máquina de indução).

**Nota:** Os parâmetros  $R_r$ ,  $X_r$ ,  $X_s$ ,  $X_m$  são originários da leitura do caso de fluxo de potência, convertidos para pu da base do motor.

### 45.49.3 Opções de execução aplicáveis

- *WARN*

### 45.49.4 Exemplo

Listagem 45.47: Exemplo da aplicação do código DMOT

```

1 (=====
2 ( DADOS DE MOTOR (2, 20) e GERADOR (100) DE INDUÇÃO
3 (=====
4 DMOT
5 (
6 ( Motores de inducao
7 ( Nb)   Gr ( H ) ( K0 ) ( K1 ) ( K2 ) ( EXP) M ( Mt )
8     2   10   4.           1.0   1.5 1
9     20  10   4.           1.0   1.5 2
10 (
11 ( Gerador de inducao
12 ( Nb)   Gr ( H ) ( K0 ) ( K1 ) ( K2 ) ( EXP) M ( Mt )
13    100  10   3.5           2     134
14 (
15 999999

```

**Nota:** No exemplo são fornecidos os dados para 3 grupos de máquina de indução: 2 grupos de motores e 1 grupo de geradores. Estes grupos foram criados no programa *Anarede* com o correspondente código *DMOT*.

Para o grupo 10 conectado na barra 2 e para o grupo 10 conectado na barra 20 são fornecidos os parâmetros  $H = 4$ ,  $K_0 = 0$ ,  $K_1 = 0$ ,  $K_2 = 1$ , e  $\eta = 1.5$ . O primeiro grupo usa o modelo predefinido tipo 1 para a máquina de indução e o segundo o modelo tipo 2 predefinido.

Para o grupo 10 na barra 100 é especificado modelo predefinido de máquina tipo 2. É associado o *CDU* número 134 para modelar o torque mecânico. Caso a máquina esteja operando como gerador este *CDU* deverá representar a turbina, caso ela esteja operando como motor o *CDU* deverá representar a dinâmica da carga.

#### Ver também:

Para maiores detalhes acerca dos modelos de motor de indução convencional, ver *Modelos Predefinidos de Máquina de Indução Convencional*.

Para maiores de detalhes consultar a seguinte referência:

Dinâmica das Máquinas Elétricas II F. P. de Mello Eletrobras/UFESM, 1979

## 45.50 DMSG

### 45.50.1 Função

Leitura de dados de mensagens definidas pelo usuário. As mensagens definidas neste código são utilizadas pelo bloco *ALERTA* para emitir avisos durante a simulação no arquivo de relatório (*OUT*) e no log de mensagens de simulação (*LOG*). Uma mesma mensagem pode ser utilizada por múltiplos blocos.

### 45.50.2 Utilização

Para a utilização do comando *DMSG*, os seguintes campos podem ser preenchidos:

<b>Lc</b>	Número de identificação da mensagem
<b>Mensagem a ser exibida</b>	Mensagem a ser emitida por blocos <i>ALERTA</i>

É possível utilizar expressões coringas nas mensagens. Ao emitir uma mensagem pelo bloco *ALERTA*, o programa substituirá na mensagem as expressões conforme a seguinte relação:

Expressão	Significado
%vent%	Nome da variável de entrada do bloco
%nb%	Número do bloco
%nome_do_cdu%	Número do bloco
%ncdu%	Número do CDU
%trns%	Transição observada (“0 -> 1” ou “1 -> 0”)

A seguinte mensagem default é utilizada quando o parâmetro preenchido no bloco *ALERTA* é 0 (parâmetro em branco implica em não emissão de mensagem).

ALERTA: Detectada transição %trns% em %vent% no bloco %nb% do CDU %nome\_do\_cdu% de número %ncdu%.

### 45.50.3 Exemplo

Listagem 45.48: Exemplo da aplicação do código DMSG

```

1 (=====
2 ( DADOS DE MENSAGENS DO USUÁRIO
3 (=====
4
5 DMSG
6 (Lc)  ( Numero da mensagem
7 ↪
8 0001  Variável %vent% atingiu o limite superior (bloco: %nb%, CDU: %nome_do_cdu% /
   ↪nº: %ncdu% )
9 999999

```

Trecho do relatório de saída para as mensagens definidas:

T= 1.6500s Variável Y4MAX atingiu o limite superior (bloco: 12, CDU: Bloco\_Alerta /nº: 1 )

#### Ver também:

Verifique a entrada *Mensagens Personalizadas pelo Usuário em CDUs* para maiores informações acerca do uso desta função.

## 45.51 DMTC

### 45.51.1 Função

Leitura de dados de modelos predefinidos de controle de mudança de tap de transformador em carga (*Transformadores OLTC*).

### 45.51.2 Utilização

#### DMTC MD01

<b>No</b>	Número de identificação do modelo de controle de tap
<b>Bm1</b>	Valor da banda morta para habilitação da atuação do controle, <b>positivo</b> , em <i>pu</i>
<b>Bm2</b>	Valor da banda morta para desabilitação da atuação do controle (este possui uma histerese), <b>positivo e menor</b> que <i>Bm1</i> , em <i>pu</i>
<b>TR</b>	Tempo de ajuste do relé para atuação do controle de tap, em segundos
<b>TM</b>	Tempo de retardo referente ao mecanismo de mudança de tap, em segundos
<b>TB</b>	Tempo de bloqueio para novas alterações de tap, após atuação do mecanismo de mudança, em segundos.
<b>T</b>	Constante de tempo do transdutor de medição de tensão, em segundos. ( <i>default</i> = 0.0, sendo neste caso, a constante de tempo é ignorada e a medição é considerada instantânea)
<b>Vlim</b>	Valor de tensão abaixo do qual o controle de tap é congelado, em <i>pu</i> . ( <i>default</i> = 0.0, isto é, o tap não é congelado)

O comportamento do modelo *MD01* têm as seguintes características:

- 1) Banda morta com histerese: sinaliza a necessidade de mudança de tap caso  $|\Delta V| > B_{m1}$ . Se  $|\Delta V| < B_{m2}$  “resetar” o valor de  $X_1$ .
- 2) Caso o sinal de tensão  $V_t < V_{lim}$ , o controle do tap é congelado.
- 3) O sinal de  $X_1$  no instante de atuação do relé indica se a variação será de  $\Delta tap$  ou  $-\Delta tap$ .
- 4) Caso o sinal  $X_2 = 1$ , é iniciada a temporização de relé para atuação do controle. Quando o tempo decorrido atinge  $T_R$  é disparada a ordem para atuação do mecanismo de mudança de tap. Esta temporização é “resetada” se  $|\Delta V| < B_{m2}$ .
- 5) Uma vez atingida a temporização do relé (bloco 3) é iniciada a contagem do retardo ( $T_M$ ) do mecanismo de mudança de tap (bloco 4). Esta temporização só é “resetada” quando for efetuada a mudança de tap, ou seja, o “reset” da temporização do relé (bloco 3) não cancela a ordem de mudança de tap. Isto corresponde ao chamado “atraso de transporte”.
- 6) Uma vez ocorrida a atuação do relé, novas atuações são bloqueadas pelo período  $T_B$ .
- 7) Após decorrida a temporização do mecanismo de mudança de tap, o tap é alterado do incremento especificado:  $tap_{novo} = tap_{antigo} + X_6$ .
- 8) O valor final do tap é limitado aos valores  $Tap_{min}$  ou  $Tap_{max}$ .

**Nota:** O valor do tap do transformador é definido para o lado **primário**, considerado como a barra *DE* do circuito especificada no *Anarede*. Caso a modelagem de tap feita no programa de fluxo de potência *Anarede* seja feita de forma contínua, a primeira mudança de tap ordenada pelo controle fará também a discretização do mesmo, ou seja, a mudança será de  $\Delta tap + \epsilon$ , onde  $\epsilon$  é a variação necessária para arredondamento. O modelo de controle de tap no *Anatem* ainda não está lendo as informações de discretização de tap no programa *Anarede*. O valor de  $\Delta tap$ . O valor do sinal  $V_{ref}$  na figura anterior corresponde ao valor especificado no programa *Anarede* para o módulo da tensão da barra controlada, a qual pode ser modificada através do campo *Kbs* do código *DLTC*.

### 45.51.3 Opções de execução disponíveis

- *MD01*
- *CONT*
- *FILE*
- *IMPR*
- *80CO*
- *WARN*

**Nota:** A opção *MD01* é utilizada para ativação da leitura de dados do modelo predefinido de controle de *Transformadores OLTC*.

### 45.51.4 Exemplo

Listagem 45.49: Exemplo da aplicação do código DMTC

```

1 (=====
2 ( DADOS PARA O MODELO PREDEFINIDO DE CONTROLE DE OLTC
3 (=====
4 DMTC MD01
5 (No) (Bm1)(Bm2)(TR )(TM )(TB )( T )(VIm)
6 0001 0.0150.010 3.0 2.0 0.0 0.05 0.8
7 (No) (Bm1)(Bm2)(TR )(TM )(TB )( T )(VIm)
8 0002 0.0200.015 5.0 2.0 0.0 0.05
9 999999

```

#### Ver também:

Para maiores informações, consulte o código *DLTC*.

## 45.52 DOPC

### 45.52.1 Função

Leitura de dados de padrão para opções de controle de execução.

### 45.52.2 Utilização

Op	Mnemônico (código de quatro caracteres) identificando a opção de controle de execução.
<i>E</i>	Letra <i>L</i> ( <i>default</i> ) para ativar a opção ou letra <i>D</i> para desativar. Caso seja deixado em branco assume o valor <i>L</i> .

**Dica:** É possível ativar opções de execução tanto através do código *DOPC* quanto localmente inserindo o mnemônico correspondente, como geralmente ocorre. Alguns exemplos de *scripts* podem ser encontrados nos códigos *EXSI* e *RELA*.

### 45.52.3 Opções de execução disponíveis

- +
- 80CO
- ASYN
- BASE
- CCCO
- CILH
- CONV
- CONT
- DCNI
- DESV
- DLCC
- DLCA
- DNWT
- ECHO
- IEPS
- IERR
- ILHA
- FILE
- FLXT
- FLX2
- FREQ
- GRAV
- IMPR
- INIC
- IRMX
- LGCY
- LIBS
- LIST
- MCDU
- MD01
- MD02
- MD03
- MD04
- MD05
- MD06
- MD07
- MD08
- MD09
- MD10
- MD11
- MD12
- MD13
- MD14
- MD15
- MD16
- MD17
- MD18
- MD19
- MD20
- MD21
- MD22
- MD23
- MD24
- NEWT
- OTM1
- OTM2
- OTM3
- OTM4
- OTM5
- OTMX
- P2D2
- P2D2
- FULL
- P2D2
- NULL
- P2D2
- FULL
- NULL
- RBAR
- RBCN
- RBER
- RBLI
- RCAR
- RCDU
- RCEN
- RCMT
- RCSC
- RCTE
- RCVP
- RCVT
- RDIM
- RE2S
- RERA
- REST
- RGER
- RILH
- RLDC
- RLIN
- RLOG
- RMOT
- RMXG
- RMXU
- ROPC
- ROPG
- RSEG
- SADD
- SAD2
- SAD3
- WARN

### 45.52.4 Exemplo

Listagem 45.50: Exemplo da aplicação do código DOPC

```

1 (=====
2 ( OPÇÕES DE CONTROLE DE EXECUÇÃO
3 (=====
4 DOPC IMPR
5 (Op) E (Op) E
6 IMPR L FILE L CONT L 80CO
7 999999

```

#### Ver também:

Para mais exemplos de aplicações de opções de controle de execução, consultar os *scripts* dos códigos *RELA* e *EXSI*.

## 45.53 DOS SHELL

### 45.53.1 Função

Abre um *DOS SHELL* para execução de comandos *DOS*. Enquanto o *DOS SHELL* estiver ativo o prompt na tela é alterado. Entrando o comando *EXIT* retorna-se à execução do *Anatem*. Este código só é válido na versão para micro PC e não pode ser executado em modo “*batch*”.

## 45.54 DPLT

### 45.54.1 Função

Leitura de dados das variáveis a serem armazenadas no arquivo de plotagem. Para todas as variáveis de plotagem, o campo **Tipo** é obrigatório enquanto que o campo modo (*M*) é opcional:

## 45.54.2 Utilização

<b>Tipo</b>	Identificador da variável a ser plotada
<i>M</i>	Indica se a plotagem será do valor absoluto da variável (campo em branco) ou do desvio em relação ao seu valor em $t = 0$ (preencher com “*”) )

Os campos a serem preenchidos para cada tipo de variável de plotagem estão relacionados com o equipamento associado.

### Plotagem de Barras CA

A régua para a plotagem de variáveis relativas à barra CA requer o preenchimento do seguinte campo:

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA
-----------	-------------------------------------

O seguintes identificadores devem ser utilizados para seleccionar variáveis relativas à barra CA:

#### **VOLT**

Módulo da tensão da barra, em pu.

#### **ANGL**

Ângulo da tensão da barra, em graus.

#### **ACMS**

Ângulo do centro de massa da ilha eléctrica à qual a barra pertence, em graus.

#### **FCMS**

Frequência angular média da ilha eléctrica à qual a barra pertence, em Hz.

#### **FREQ**

Frequência da barra, em Hz.

#### **PGER**

Potência ativa total gerada na barra CA, em MW.

#### **QGER**

Potência reativa total gerada na barra CA, em Mvar.

### Plotagem de Circuitos CA Individuais

A régua para a plotagem de variáveis relativas à barra CA requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo ( <i>default = 1</i> )
<i>Ex</i>	Número de identificação da extremidade do circuito em que a variável associada será plotada ( <i>default = EI</i> )

O seguintes identificadores devem ser utilizados para seleccionar variáveis relativas à Barra CA:

#### **FLXM**

Módulo do fluxo de potência do circuito CA, em MVA.

#### **FLXA**

Fluxo de potência ativa do circuito CA, em MW.

#### **FLXR**

Fluxo de potência reativa do circuito CA, em Mvar.

**ILIN**

Módulo da corrente do circuito CA, em pu.

**VTLIN**

Módulo em pu da tensão na extremidade especificada da linha CA

**ATLIN**

Ângulo em graus da tensão na extremidade especificada da linha CA

**REAT**

Reatância aparente medida de uma extremidade do circuito CA, em pu.

**RESI**

Resistência aparente medida de uma extremidade do circuito CA, em pu.

**ZMOD**

Módulo da impedância aparente medida de uma extremidade do circuito CA, em pu.

**ZANG**

Ângulo da impedância aparente medida de uma extremidade do circuito CA, em graus.

**TAP**

Valor do tap do transformador no lado primário (barra *DE* do circuito definida no Anarede), em pu.

**RTRF**

Resistência do transformador, em %.

**XTRF**

Reatância do transformador, em %.

**PHSTRF**

Ângulo de defasamento de transformadores defasadores, em graus.

---

**Dica:** Utilize as variáveis VTLIN e ATLIN quando desejar medir módulo e ângulo da tensão em uma linha cuja extremidade se encontra aberta. Com a extremidade fechada, este sinal é idêntico ao sinal *VOLT* e *ANGL* da barra conectada a extremidade em questão.

---

### Plotagem de Fluxos Agregados de Intercâmbio

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos fluxos agregadas requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

EI	Número de identificação da área do fluxo agregado
----	---

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos fluxos agregados:

**FLXAA**

Fluxo ativo líquido de intercâmbio relativo à área

**FLXRA**

Fluxo reativo líquido de intercâmbio relativo à área

### Plotagem de Carga Estática

A régua para a plotagem de variáveis relativas à carga estática requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA
-----------	-------------------------------------

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas à barra CA:

**PCAR**

Potência ativa da carga total na barra CA, em MW.

**QCAR**

Potência reativa da carga total na barra CA, em Mvar.

**SCAR**

Potência aparente da carga total na barra CA, em MVA.

**COSFI**

Fator de potência da carga total na barra CA.

### Plotagem de Carga Dinâmica

A régua para a plotagem de variáveis relativas à carga dinâmica requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à barra CA

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas à barra CA:

**PLDIN**

Potência ativa do grupo de carga dinâmica na barra CA, em MW.

**QLDIN**

Potência reativa do grupo de carga dinâmica na barra CA, em Mvar.

### Plotagem de Shunt Equivalente

A régua para a plotagem de variáveis relativas a shunts equivalentes requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA
-----------	-------------------------------------

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas a *shunts* equivalentes:

**QSHT**

Potência elétrica reativa correspondente ao “shunt” da barra, em Mvar.

### Plotagem de *Shunt* Individualizado

Existem duas réguas possíveis para o preenchimento da plotagem de Banco *Shunt* Individualizado, a depender se o equipamento é um *shunt* de barra ou de linha:

A régua para a plotagem de variáveis relativas a shunts individualizados de barra requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>El</b>	Número de identificação da barra CA
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à barra CA

A régua para a plotagem de variáveis relativas a shunts individualizados de linha requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>El</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo ( <i>default = 1</i> )
<i>Ex</i>	Número de identificação da extremidade do circuito em que a variável associada será plotada ( <i>default = El</i> )

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas a *shunts* individualizados:

#### **QBSH**

Valor do shunt do grupo de banco *shunt* individualizado de barra ou de linha, em Mvar.

#### **NUBSH**

Número de unidades em operação no grupo de banco shunt individualizado de barra ou de linha.

### Plotagem de Máquinas de Indução Convencional

A régua para a plotagem de variáveis relativas às máquinas de indução requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>El</b>	Número de identificação da barra CA associada à máquina de indução.
<b>Gp</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à variável de plotagem.
<i>Br</i>	Número de identificação da barra CA à qual está conectada a máquina de indução de referência de ângulo.
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo de máquina indução, cujo eixo <i>q</i> será tomado como referência para a plotagem de ângulos.

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas à máquina de indução:

#### **PMOT**

Potência elétrica ativa terminal consumida pela máquina de indução, em pu. Este sinal é positivo quando a potência está entrando no estator.

#### **QMOT**

Potência elétrica reativa terminal consumida pela máquina de indução, em pu. Este sinal é positivo quando a potência está entrando no estator.

#### **WRMOT**

Velocidade angular do rotor da máquina de indução convencional, em pu.

#### **SLIP**

Escorregamento do rotor da máquina de indução convencional em relação à frequência nominal do sistema, em pu ( $slip = 1 - \omega_r$  pu). Ele é positivo para velocidade subsíncrona e negativo para velocidade super-síncrona.

#### **SLIPS**

Escorregamento do rotor da máquina de indução convencional em relação à frequência da barra terminal, em pu ( $slip = 1 - \omega_r$  pu). Ele é positivo para velocidade subsíncrona e negativo para velocidade super-síncrona.

**TMOT**

Torque mecânico da máquina de indução convencional, em pu. Ele é positivo para carga mecânica e negativo no caso de turbina acoplada ao eixo (por exemplo, no caso de geração eólica).

**EMOT**

Módulo da tensão interna atrás da reatância transitória  $X'$  da máquina de indução, em pu.

**IMOT**

Módulo da corrente drenada pela máquina de indução, em pu.

**Plotagem de Máquinas Síncronas**

A régua para a plotagem de variáveis relativas às máquinas síncronas requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA associada à máquina síncrona.
<b>Gp</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à variável de plotagem
<i>Br</i>	Número de identificação da barra CA à qual está conectada a máquina de referência de ângulo
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo de máquina síncrona, cujo eixo $q$ será tomado como referência para a plotagem de ângulos

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas às máquinas síncronas:

**DELT**

Ângulo do eixo  $q$  do gerador, em graus, relativo à referência especificada. Se o campo *Br* estiver em branco, o ângulo da barra será calculado em relação ao centro de massa elétrico da ilha do sistema. Se o campo *Br* estiver preenchido, o ângulo é calculado em relação à barra de referência informada.

**Atenção:** Na ocorrência de um ilhamento de parte do sistema, o centro de massa elétrico pode variar instantaneamente, e assim o ângulo  $\delta$  poderá sofrer descontinuidade.

**EFD**

Tensão de campo do gerador, em pu.

**FMAQ**

Frequência do gerador, em Hz.

**IFD**

Corrente de campo do gerador, em pu.

**IMQS**

Módulo da corrente de armadura do gerador, em pu.

**PELE**

Potência elétrica ativa interna do gerador, em MW.

**PTERM**

Potência elétrica ativa terminal do gerador, em MW.

**PMEC**

Potência mecânica da turbina, em MW.

**QELE**

Potência elétrica reativa terminal do gerador, em Mvar.

**VSAD**

Sinal estabilizador aplicado no regulador de tensão do gerador, em pu.

**VCAG**

Sinal do CAG aplicado no regulador de velocidade do gerador, em pu.

**VCCT**

Sinal do Controle Coordenado de Tensão aplicado no regulador de tensão do gerador, em pu.

**ELL**

Módulo da tensão interna da máquina atrás da reatância subtransitória  $X''_d$ , em pu.

**VTR**

Sinal de entrada do regulador de tensão do gerador, em pu.

**PACE**

Potência acelerante ( $P_{mec}$  - Pele), em MW.

**DEFD**

Valor do sinal  $E_{fd}$  - Eq do gerador, em pu.

**ELD**

Tensão proporcional ao enlace de fluxo transitório de eixo  $d$ , em pu.

**ELLD**

Tensão proporcional ao enlace de fluxo subtransitório de eixo  $d$ , em pu.

**ELQ**

Tensão proporcional ao enlace de fluxo transitório de eixo  $q$ , em pu.

**ELLQ**

Tensão proporcional ao enlace de fluxo subtransitório de eixo  $q$ , em pu.

**VD**

Componente de eixo  $d$  da tensão terminal da máquina, em pu.

**VQ**

Componente de eixo  $q$  da tensão terminal da máquina, em pu.

**ID**

Componente de eixo  $d$  da corrente de armadura da máquina, em pu.

**IQ**

Componente de eixo  $q$  da corrente de armadura da máquina, em pu.

**NUGER**

Número de unidades ligadas do grupo gerador.

### Plotagem de Agrupamento de Máquinas Síncronas

A régua para a plotagem de variáveis relativas à *agrupamento de máquinas síncronas* requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação do agrupamento de máquinas síncronas definido no código <i>AGMQ</i> .
-----------	---

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas à agrupamento de máquinas síncronas:

**INERCS**

Inércia totalizada, em MVA.s, por agrupamento de máquinas definido no código *AGMQ*.

**PGAGR**

Despacho de potência ativa totalizado, em MW, por agrupamento de máquinas definido no código *AGMQ*.

**CAPAGR**

Capacidade totalizada, em MVA, por agrupamento de máquinas definido no código *AGMQ*.

## Plotagem de Geradores Eólicos DFIG

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos geradores eólicos tipo máquina de indução com dupla alimentação requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA à qual está conectado o gerador eólico tipo DFIG
<b>Gp</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à variável de plotagem
<i>Br</i>	Número de identificação da barra CA à qual está conectado o gerador eólico tipo DFIG de referência de ângulo
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo de gerador eólico tipo DFIG, cujo eixo $q$ será tomado como referência para a plotagem de ângulos Nesta opção, caso não sejam preenchidos, será utilizado o centro de massa do sistema como referência de ângulos

**Nota:** Caso o campo Barra de Referência seja preenchido com 0 e o campo Grupo de Máquina de Referência seja deixado em branco, será usado como referência uma referência síncrona que em  $t = 0$  esteja com ângulo 0.

O seguinte identificador deve ser utilizado para selecionar a variável relativa aos geradores eólicos tipo máquina de indução com dupla alimentação:

### **PDFM**

Potência ativa total entrando no equipamento, em MW.

### **QDFM**

Potência reativa total entrando no equipamento, em Mvar.

### **PSDFM**

Potência ativa entrando no estator na máquina de indução, em MW.

### **QSDFM**

Potência reativa entrando no estator na máquina de indução, em Mvar.

### **PCDFM**

Potência ativa entrando no conversor *VSI* ligado ao estator da máquina de indução, em MW.

### **QCDFM**

Potência reativa entrando no conversor *VSI* ligado ao estator da máquina de indução, em Mvar.

### **PRDFM**

Potência ativa entrando no rotor na máquina de indução, em MW.

### **QRDFM**

Potência reativa entrando no rotor na máquina de indução, Mvar.

### **PMDFM**

Potência mecânica da carga no eixo da máquina de indução, em MW.

### **WRDFM**

Velocidade angular do rotor da máquina de indução, em pu.

### **WRFDFM**

Valor em pu da referência para controle de velocidade da máquina de indução, em pu.

### **SLDFM**

Escorregamento da máquina de indução em relação à frequência nominal, em pu.

### **SLSDFM**

Escorregamento da máquina de indução em relação à frequência da barra terminal, em pu.

### **TMDFM**

Torque mecânico da máquina de indução, em pu.

### **ELDFM**

Módulo da tensão transitória ( $E'$ ) da máquina de indução, em pu.

**ISDFM**

Módulo da corrente no estator da máquina de indução, em pu.

**IRDFM**

Módulo da corrente no rotor da máquina de indução, em pu.

**ICDFM**

Módulo da corrente CA no conversor ligado ao estator da máquina de indução, em pu.

**IRRDFM**

Componente real da corrente CA entrando no rotor da máquina de indução, em pu.

**IRIDFM**

Componente imaginário da corrente CA entrando no rotor da máquina de indução, em pu.

**VRRDFM**

Componente real da tensão CA do conversor VSI ligado ao rotor da máquina de indução, em pu.

**VRIDFM**

Componente imaginária da tensão CA do conversor VSI ligado ao rotor da máquina de indução, em pu.

**VCRDFM**

Componente real da tensão CA do conversor VSI ligado ao estator da máquina de indução, em pu .

**VCIDFM**

Componente imaginária da tensão CA do conversor VSI ligado ao estator da máquina de indução, em pu.

**VDFM**

Módulo da tensão terminal da máquina de indução (pode incluir compensação com *XVD* - similar a *VTR* na máquina síncrona), em pu.

**IDFM**

Módulo da corrente CA total entrando no equipamento pelo lado do estator (corrente no estator + corrente no conversor ligado ao estator ), em pu.

**Nota:** Os sinais PDFM, QDFM, PSDFM, QSDFM, PCDFM, QCDFM, PRDFM, QRDFM, PMDFM, TMDFM, IRRDFM, IRIDFM, SLDFM, SLSDFM adotam convenção de carga/motor, isto é:

- PDFM e QDFM positivos para potência entrando no equipamento;
- PSDFM, QSDFM, PRDFM e QRDFM positivos para potência entrando no respectivo enrolamento;
- PCDFM e QCDFM positivos para potência entrando no conversor ligado ao estator;
- IRRDFM e IRIDFM positivos para corrente entrando no enrolamento do rotor;
- PMDFM e TMDFM positivos para carga mecânica e
- SLDFM e SLSDFM positivos para  $\omega_r < \omega_s$  .

**Plotagem de Geradores Síncronos Eólicos**

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos geradores eólicos tipo máquina síncrona requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<i>El</i>	Número de identificação da barra CA à qual está conectado o gerador eólico tipo máquina síncrona
<i>Gp</i>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à variável de plotagem
<i>Br</i>	Número de identificação da barra CA à qual está conectado o gerador eólico tipo máquina síncrona de referência de ângulo
<i>Gr</i>	Número de identificação do grupo de gerador eólico tipo máquina síncrona, cujo eixo <i>q</i> será tomado como referência para a plotagem de ângulos. Nesta opção, caso não sejam preenchidos, será utilizado o centro de massa do sistema como referência de ângulos

**Nota:** Caso o campo Barra de Referência seja preenchido com 0 e o campo Grupo de Máquina de Referência seja deixado em branco, será usado como referência uma referência síncrona que em  $t = 0$  esteja com ângulo 0.

O seguinte identificador deve ser utilizado para selecionar a variável relativa aos geradores eólicos tipo máquina síncrona:

**PMGSE**

Potência mecânica do gerador, em MW.

**TMGSE**

Torque mecânico do gerador, em pu.

**VTRGSE**

Tensão terminal do gerador, em pu.

**FGSE**

Frequência do gerador, em Hz.

**EFDGSE**

Tensão do campo do gerador, em pu.

**DLTGSE**

Ângulo do eixo “q” do gerador, em graus.

**PEGSE**

Potência elétrica ativa interna da máquina síncrona equivalente, em MW.

**PE1GSE**

Potência elétrica ativa terminal da máquina síncrona equivalente, em MW.

**QE1GSE**

Potência elétrica reativa terminal da máquina síncrona equivalente, em Mvar.

**PE2GSE**

Potência elétrica ativa total injetada no sistema CA, em MW.

**QE2GSE**

Potência elétrica reativa total injetada no sistema CA, em Mvar.

**FM1GSE**

Fator de modulação do “*chopper*” (adimensional).

**FM2GSE**

Fator de modulação do inversor *VSI* (adimensional).

**PH2GSE**

Ângulo de fase da tensão CA do inversor *VSI*, em graus.

**IGSE**

Módulo da corrente total injetada no sistema CA, em pu na base do sistema.

**VC1GSE**

Tensão CC no lado do retificador, em pu.

**VC2GSE**

Tensão CC no lado do inversor, em pu.

**IC1GSE**

Corrente CC no lado do retificador, em pu.

**IC2GSE**

Corrente CC no lado do inversor, em pu.

**VD0GSE**

Tensão  $V_d$  a vazio do retificador, em pu.

**IMIGSE**

Módulo da corrente drenada pelo retificador, em pu na base da máquina.

**ELLGSE**

Módulo da tensão interna da máquina, em pu.

**ELRGSE**

Componente real da tensão interna da máquina, em pu.

**ELIGSE**

Componente imaginária da tensão interna da máquina, em pu.

**LLGSE**

Módulo do enlace de fluxo subtransitário da máquina, em pu.

**LLDGSE**

Componente “d” do enlace de fluxo subtransitário da máquina, em pu.

**LLQGSE**

Componente “q” do enlace de fluxo subtransitário da máquina, em pu.

**GGSE**

Valor da condutância variável de dissipação em paralelo com o capacitor CC, em pu.

**WRFGSE**

Valor em pu da referência para controle de velocidade do gerador.

**Plotagem de Fonte Shunt Controlada**

A régua para a plotagem de variáveis relativas a fonte shunt controlada requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA associada a fonte shunt controlada no código <i>DFNT</i>
<b>Gp</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à variável de plotagem

**Atenção:** Os sinais IIRFNT, IIIFNT, ITRFNT, ITIFNT, PFNT, QFNT adotam convenção de gerador, isto é:

- IIRFNT, IIIFNT, ITRFNT e ITIFNT positivos para corrente entrando no sistema CA;
- PFNT e QFNT positivos para potência entrando no sistema CA.

Os identificadores a serem utilizados para selecionar variáveis relativas a fontes shunt controladas são descritos a seguir:

**VIRFNT**

Componente real da fonte de tensão interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de tensão shunt controlada ( $V_{Ir}$ ), em pu na base do sistema CA.

**VIIFNT**

Componente imaginária da fonte de tensão interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de tensão shunt controlada ( $V_{Ii}$ ), em pu na base do sistema CA.

**VIMFNT**

Módulo da fonte de tensão interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de tensão shunt controlada, em pu na base do sistema CA.

**IIRFNT**

Componente real da fonte de corrente interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de corrente shunt controlada ( $I_{Ir}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

**IIIFNT**

Componente imaginária da fonte de corrente interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de corrente shunt controlada ( $I_{Ii}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

**IIMFNT**

Módulo da fonte de corrente interna do modelo de grupo de geração representado por fonte de corrente shunt controlada, correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

**ITRFNT**

Componente real da corrente terminal injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente) ( $I_{Tr}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

**ITIFNT**

Componente imaginária da corrente terminal injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente) ( $I_{Ti}$ ), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

**ITMFNT**

Módulo da corrente terminal injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente), correspondente a uma unidade do grupo, em pu na sua base.

**PTFNT**

Potência ativa total injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente), em MW.

**QTFNT**

Potência reativa total injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente), em Mvar.

**STFNT**

Potência aparente injetada no sistema CA pelo modelo de grupo de geração representado por fonte shunt controlada (de tensão ou de corrente), em MVA.

**Plotagem de Barras CC**

A régua para a plotagem de variáveis relativas às barras CC requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação do barra CC
-----------	-------------------------------------

O seguinte identificador deve ser utilizado para selecionar a variável relativa à barra CC:

**VBDC**

Tensão de barra CC, em pu.

**Plotagem de Linhas CC**

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos circuitos CC requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i>
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito associado à variável de plotagem
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito paralelo associado à variável de plotagem ( <i>default = 1</i> )

Os seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos circuitos CC:

**ILDC**

Corrente do circuito CC, em pu.

**PLDC**

Fluxo de potência do circuito CC, em MW.

**VBML**

Tensão no meio da linha CC, em pu.

**Plotagem de Conversor CA-CC**

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos conversores CA-CC requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação do conversor CA-CC
-----------	--

Os seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos conversores CA-CC.

- **Variáveis disponíveis para os modelos 1 e 3:**

**ALFA**

Ângulo de disparo do conversor, em graus.

**GAMA**

Ângulo de extinção para as válvulas do conversor (inversor), em graus. Para conversor do tipo CCC corresponde a  $\gamma'$  (margem de comutação.) Esta variável assume o valor zero durante o intervalo de falha de comutação do inversor.

**GAMAC**

ângulo de extinção para as válvulas do conversor (inversor), em graus, calculado pela expressão  $[\gamma = 180^\circ - \alpha - \mu]$ . Esta variável é idêntica à variável do ângulo de extinção GAMA, a menos do período de falha de comutação, onde o valor calculado pelo programa poderá assumir valores negativo.

**COMU**

Ângulo de comutação para as válvulas do conversor, em graus.

**CCNV**

Corrente no conversor, em pu.

**VCNV**

Tensão de saída do conversor, em pu.

**PCNV**

Potência ativa drenada da rede CA pelo conversor, em MW.

**QCNV**

Potência reativa drenada da rede CA pelo conversor, em Mvar.

**ALFMIN**

Ângulo mínimo de disparo do conversor, em graus. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**ALFMAX**

Ângulo máximo de disparo do conversor, em graus. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**AMINRF**

Área mínima de referência, em pu de tensão  $\times$  radianos. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**I0**

Ordem de corrente do conversor (após *VDCOL*), em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**I00**

Ordem de corrente do conversor (antes do *VDCOL*), em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**IH**

Ordem de corrente do conversor determinada pelo controle de potência, em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**ISTOL**

Limite máximo de sobrecarga de corrente no conversor, em pu. Válido apenas para os modelos prédefinidos 1 e 3.

**SM01**

Primeiro sinal de modulação do controle do conversor, em pu. Válido apenas para os modelos pré-definidos 1 e 3.

**SM02**

Segundo sinal de modulação do controle do conversor, em pu. Válido apenas para os modelos pré-definidos 1 e 3.

**SM03**

Terceiro sinal de modulação do controle do conversor, em pu. Válido apenas para os modelos pré-definidos 1 e 3.

**SM04**

Quarto sinal de modulação do conversor. Se o conversor estiver em controle de área mínima este sinal será dado em pu. Se o conversor estiver em controle de  $\gamma$  mínimo este sinal será dado em radianos. Válido apenas para os modelos pré-definidos 1 e 3.

---

**Nota:** Ver parâmetro *FLGAM* no código *DMCV* para a definição do modo de controle.

---

**UCI**

Sinal de saída do canal integral do CCA, em graus. Válido apenas para os modelos pré-definidos 1 e 3.

**UC**

Sinal de saída total do CCA, em graus. Válido apenas para os modelos pré-definidos 1 e 3.

**VDCOL**

Tensão do *VDCOL* do conversor, em pu. Válido apenas para os modelos pré-definidos 1 e 3.

**VDCOLN**

Tensão para normalização do sinal do *VDCOL* do conversor, em pu. Válido apenas para os modelos pré-definidos 1 e 3.

**SET**

Sinal de referência para o controle de corrente ou de potência no conversor (conforme o tipo de controle), em pu. Válido apenas para os modelos pré-definidos 1 e 3.

**VRP**

Sinal de tensão para o controle de potência no conversor, em pu. Válido apenas para os modelos pré-definidos 1 e 3.

• **Variáveis disponíveis para o modelo 3:**

**ARAML1**

Sinal de saída do *RAML* ( $\alpha_{aml1}$ ) que atua na entrada do *VCO* do retificador. Válido apenas para o modelo pré-definido 3.

**ARAML2**

Sinal de saída do *RAML* ( $\alpha_{aml2}$ ) que atua no limite mínimo do canal integral do CCA do retificador. Válido apenas para o modelo pré-definido 3.

**ARIAC**

Sinal de saída do *RIAC* ( $\alpha_{riac}$ ) para atuação no limite mínimo do canal integral do CCA do retificador. Válido apenas para o modelo pré-definido 3.

**ERiac**

Sinal de erro de corrente filtrado para *RIAC*. Válido apenas para o modelo pré-definido 3.

## Plotagem de Elos CC

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos elos CC requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação do elo CC
<b>P</b>	Polaridade do elo (“+” para polo positivo, “-” para polo negativo) associada à variável de elo CC. Este campo é usado apenas pelas variáveis com tipo <i>IBAL</i>

Os seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos elos CC:

### **IBAL**

Sinal de saída do balanceador de corrente do elo, em pu.

## Plotagem de Compensadores Estáticos

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos compensadores estáticos de reativos requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da barra CA associada ao compensador estático
<b>Gp</b>	Número de identificação do grupo do equipamento associado à variável de plotagem

Os seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos compensadores estáticos de reativos:

### **QCES**

Potência reativa do compensador estático, em Mvar. Este valor é corrigido considerando o transformador para o modelo T de CER.

### **BCES**

Susceptância do compensador estático, em pu. Este valor é corrigido considerando o transformador para o modelo T de CER.

### **ICES**

Corrente no compensador estático, em pu. Assumirá valor positivo se for capacitiva e negativo se for indutiva.

### **VCES**

Tensão na barra controlada do compensador estático, em pu.

### **VSAC**

Sinal estabilizador aplicado no compensador estático, em pu.

---

**Nota:** Para maiores informações a respeito dos modelos de compensadores estáticos disponíveis no *Anatem*, consultar seção *Modelos de Compensadores Estáticos*.

---

## Plotagem de Compensadores Série Controláveis

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos compensadores série controláveis requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do compensador série controlável
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do compensador série controlável
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito do compensador série controlável ( <i>default = 1</i> )

Os seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos compensadores estáticos de reativos:

**XCSC**

Reatância equivalente do compensador série controlável, em %.

**BCSC**

Susceptância equivalente do compensador série controlável, em pu .

**ICSC**

Módulo da corrente do compensador série controlável, em pu.

**VSCS**

Sinal estabilizador aplicado no compensador série controlável, em pu.

**Nota:** Para maiores informações a respeito dos modelos de compensadores série controláveis disponíveis no *Anatem*, consultar seção *Modelos de Compensadores Série Controláveis*.

### Plotagem de **FACTS VSI**

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos equipamentos FACTS VSI requer o preenchimento dos seguintes campos:

<b>EI</b>	Número de identificação do equipamento/conversor FACT VSI
-----------	---

**Nota:** Na presente versão os sinais IRVSI, IIVSI, SVSI, PVSI e QVSI, quando relativos a conversores VSI série, só estão disponíveis para a extremidade DE. Esta extremidade é a barra DE do circuito (TCSC) que foi substituído pelo conversor VSI série, conforme definida no Anarede e não no código *DVSI*. Caso se deseje o sinal na outra extremidade, o circuito deverá ser definido em sentido contrário.

O sentido positivo da tensão interna no lado CA do conversor VSI é considerado contrário ao da orientação DE PARA do ramo do conversor VSI.

O seguinte identificador deve ser utilizado para selecionar a variável relativa aos equipamentos FACTS VSI:

**FMVSI**

Fator de modulação mck do conversor VSI (adimensional).

**PHSVSI**

Fase  $\psi_k$  da tensão interna no lado CA do conversor VSI, em graus, relativa à referência do sistema CA.

**ETMVSI**

Módulo tensão interna no lado CA do conversor VSI, em pu.

**ETRVSI**

Componente real da tensão interna no lado CA do conversor VSI, em pu.

**ETIVSI**

Componente imaginária da tensão interna no lado CA do conversor VSI, em pu.

**IMVSI**

Módulo da corrente CA do conversor VSI, em pu.

**IRVSI**

Componente real da corrente do lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**IIVSI**

Componente imaginária da corrente do lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**SVSI**

Potência aparente no lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**PVSI**

Potência ativa no lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**QVSI**

Potência reativa no lado CA do conversor VSI, entrando pela barra DE do conversor, em pu.

**ICCVSI**

Corrente no lado CC do conversor VSI, em pu.

**PCCVSI**

Potência no lado CC do conversor VSI, em pu.

**Plotagem de CDUs**

A régua para a plotagem de variáveis relativas aos *CDU*'s requer o preenchimento dos seguintes campos (código *DPLT*):

<b>EI</b>	Número de identificação do <i>CDU</i> .
<i>Bl</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Número de identificação do bloco do <i>CDU</i> cuja variável (de saída ou de estado) associada será plotada. Este campo é usado apenas pelas variáveis com tipo <i>CDU</i> ou <i>CDUE</i>.</li> <li>• Alternativamente, pode-se utilizar o nome da variável de saída do bloco de interesse como identificador.</li> <li>• Se for preenchido com "*" e solicitado o tipo de arquivo <i>PLTCDU</i> no código <i>DARQ</i>, o <i>Anatem</i> criará um <i>arquivo de plotagem</i> por <i>CDU</i> desejado.</li> <li>• Se for deixado em branco e solicitado o tipo de arquivo <i>PLTCDU</i> no código <i>DARQ</i>, o <i>Anatem</i> criará um <i>arquivo de plotagem</i> por <i>CDU</i> desejado contendo apenas as variáveis selecionadas com o comando <i>DEFPLT</i>.</li> </ul>

O seguintes identificadores devem ser utilizados para selecionar variáveis relativas aos *CDU*'s:

**CDU**

Variável de saída do bloco.

**CDUE**

Variável de estado do bloco (para bloco *POL(S)* todas as variáveis de estado são selecionadas ao mesmo tempo).

Novo na versão 12.4.0: É permitido deixar em branco o identificador do bloco, plotando todas as variáveis definidas pelo *DEFPLT* no código *DCDU*.

Novo na versão 12.4.0: É permitido utilizar o nome da variável de saída como identificador do bloco de interesse.

### 45.54.3 Opções de execução disponíveis

- *BASE*
- *IERR*
- *DESV*
- *WARN*

**Cuidado:** Quando utilizada a opção de controle de execução *IERR*, o caso será executado, porém as referidas variáveis serão ignoradas. Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Variável de plotagem não encontrada*

### 45.54.4 Exemplo

Listagem 45.51: Exemplo da aplicação do código DPLT

```

1  (=====
2  ( DADOS DAS VARIÁVEIS DE SAIDA PARA PLOTAGEM
3  (=====
4  DPLT
5  (
6  ( ângulos de grupos de maquina com referencia ao grupo 10 de maquina na barra 1
7  (Tipo)M( EL ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
8  DELT      2          10      1 10
9  DELT      3          10      1 10
10 (
11 ( ângulos de grupos de maquina com referencia ao centro de massa do sistema
12 (Tipo)M( EL ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
13 DELT      8          10
14 DELT     12          10
15 (
16 ( ângulos de grupos de maquina com relação à ref. síncrona do sistema
17 ( cujo angulo e' 0 em t=0
18 (Tipo)M( EL ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
19 DELT      8          0
20 DELT     12          0
21 (
22 ( potencia ativa do grupo 10 de maquina síncrona da barra 8
23 (Tipo)M( EL ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
24 PELE      8          10
25 (
26 ( tensão de campo no grupo 10 de maquina síncrona da barra 8
27 (Tipo)M( EL ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
28 EFD       8          10
29 (
30 ( tensão da barra CA 8
31 (Tipo)M( EL ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
32 VOLT       8
33 (
34 ( variável de CDU - saída do bloco 10 do CDU 11
35 (Tipo)M( EL ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P
36 CDU       11          10
37 (
38 ( Fluxos ativo e reativos líquidos de intercambio da area 1
39 (Tipo)M( EL ) ( Pa) Nc Gp ( Br) Gr ( Ex) (Bl) P

```

(continua na próxima página)

40  
41  
42  
43

```
FLXAA      1  
FLXRA      1  
(  
999999
```

## 45.55 DREL

### 45.55.1 Função

Leitura de dados de modelos predefinidos de relé.

### 45.55.2 Utilização

---

**Dica:** Selecione, primeiro, a opção de controle de execução associada ao modelo do relé (*modelo 01 à modelo 15*) e, em seguida, utilize o atalho “*ctrl + \**” para inserir a régua para auxiliar no preenchimento dos campos relativos ao modelo do relé selecionado. Para o *modelo 05*, preencha ao menos o primeiro campo da primeira régua, insira um espaço em branco na linha imediatamente abaixo e, em seguida, utilize o atalho “*ctrl + \**” para inserir a segunda régua para auxiliar no preenchimento dos campos do segundo registro.

---

### Relés com atuação em Cargas

#### DREL MD01

Relé de subfrequência para alívio de carga por barra, com lógica de operação por frequência absoluta, taxa de variação da frequência e/ou por uma combinação destas.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde está conectado o relé de subfrequência. A medição de frequência de barra está sujeita a uma filtragem com função de transferência $1/(1+sT)$ , cuja constante de tempo $T$ pode ser alterada pelo código <i>DCTE</i> (mnemônico <i>PFFB</i> ).
<b>L</b>	Letra relativa à lógica de alívio de carga do relé de subfrequência: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A → Frequência absoluta;</li> <li>• T → Taxa de variação de frequência;</li> <li>• O → Frequência absoluta ou taxa de variação de frequência;</li> </ul>
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H → Frequência em hertz (<math>Hz</math>);</li> <li>• P → Frequência em <math>pu</math>;</li> </ul> <p>Caso este campo não seja preenchido, assume-se dados de frequência em <math>pu</math>.</p>
<b>Fs</b>	Frequência de supervisão, em $pu$ ou $Hz$ , conforme o campo $H$ for definido. Frequência a partir da qual o cálculo da taxa de variação de frequência é ativado para o corte de carga. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência.
<b>Fc</b>	Frequência de corte, em $pu$ ou $Hz$ , conforme o campo $H$ for definido. Frequência na qual o cálculo da taxa de variação de frequência é efetuado para o corte de carga. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência.
<b>Tax</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o corte de carga, em $pu/s$ ou $Hz/s$ , conforme o campo $H$ for definido. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência.
<b>Fr</b>	Frequência de ajuste para o corte de carga por frequência absoluta, em $pu$ ou $Hz$ , conforme o campo $H$ for definido. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta.
<b>%</b>	Porcentagem de corte de carga da barra em que o relé está conectado (calculado a partir do valor da carga em $t = 0$ ).
<b>Ttx</b>	Temporização de retardo total do relé por taxa de variação de frequência, em segundos.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé de frequência absoluta atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta.
<b>M</b>	Letra $M$ , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra $A$ , caso este atue automaticamente no alívio de carga.

**DREL MD03**

Relé de subtensão para alívio de carga por barra.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde está conectado o relé e a carga a ser aliviada.
<b>Vc</b>	Tensão de ajuste para o corte de carga, em <i>pu</i> .
<b>%</b>	Porcentagem de corte de carga da barra em que o relé está conectado (calculado a partir do valor da carga em $t = 0$ ).
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no alívio de carga.
<b>Bm</b>	Número de identificação da barra onde é feita a medição de tensão para alívio de carga. Se deixado em branco, é considerada como a barra onde está conectado o relé, fornecida no campo <i>Nb</i> .

**Relés com atuação em Geração Funcional****DREL MD20**

Relé de sub e sobretensão para corte de geração por barra.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde está conectado o relé e a geração a ser cortada.
<b>Vci</b>	Tensão inferior de ajuste para o corte de geração por subtensão, em <i>pu</i> .
<b>Vcs</b>	Tensão superior de ajuste para o corte de geração por sobretensão, em <i>pu</i> .
<b>%</b>	Porcentagem de corte de geração da barra em que o relé está conectado (calculado a partir do valor da geração em $t = 0$ ).
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	<b>Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre</b> os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no alívio de geração.
<b>Bm</b>	<b>Número de identificação da barra onde é feita a medição de tensão para alívio de geração. Se deixado em branco, é considerada como a</b> barra onde está conectado o relé, fornecida no campo <i>Nb</i> .

**DREL MD21**

Relé de sub e sobrefrequência para corte de geração por barra, com lógica de operação por frequência absoluta.

<b>Nb</b>	<b>Número de identificação da barra onde está conectado o relé de sub e sobrefrequência. A medição de frequência</b> de barra está sujeita a uma filtragem com função de transferência $1/(1 + sT)$ , cuja constante de tempo $T$ pode ser alterada pelo código <i>DCTE</i> (mnemônico <i>PFFB</i> ).
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H → Frequência em hertz (<math>Hz</math>);</li> <li>• P → Frequência em <i>pu</i>;</li> </ul> <p>Caso este campo não seja preenchido, assume-se dados de frequência em <i>pu</i>.</p>
<b>Fci</b>	Frequência inferior de ajuste para o corte de geração por subfrequência, em <i>pu</i> .
<b>Fcs</b>	Frequência superior de ajuste para o corte de geração por sobrefrequência, em <i>pu</i> .
<b>%c</b>	Porcentagem de corte de geração da barra em que o relé está conectado (calculado a partir do valor da carga em $t = 0$ ).
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	<b>Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos,</b> em segundos. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no corte de geração.

**DREL MD22**

Relé de sub e sobrefrequência para corte de geração por barra, com lógica de operação por taxa de variação da frequência.

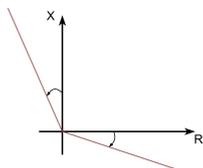
<b>Nb</b>	<b>Número de identificação da barra onde está conectado o relé de sub e sobrefrequência. A medição de frequência</b> de barra está sujeita a uma filtragem com função de transferência $1/(1 + sT)$ , cuja constante de tempo $T$ pode ser alterada pelo código <i>DCTE</i> (mnemônico <i>PFFB</i> ).
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H → Taxa em hertz por segundo (<math>Hz/s</math>);</li> <li>• P → Taxa em <math>pu</math>;</li> </ul> Caso este campo não seja preenchido, assume-se dados de frequência em $pu$ .
<b>Txi</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o corte de geração por subfrequência, em $pu/s$ ou $Hz/s$ , conforme o campo $H$ for definido.
<b>Txs</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o corte de geração por sobrefrequência, em $pu/s$ ou $Hz/s$ , conforme o campo $H$ for definido.
<b>%</b>	Porcentagem de corte de geração da barra em que o relé está conectado (calculado a partir do valor da geração em $t = 0$ ).
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	<b>Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos,</b> em segundos. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta.
<b>M</b>	Letra $M$ , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra $A$ , caso este atue automaticamente no corte de geração.

### Relés com atuação em Circuitos CA

#### DREL MD02

Relé de sobrecorrente para detecção de sobrecarga em circuito.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Ne</b>	Número de identificação da extremidade do circuito, onde a corrente é monitorada para a atuação do relé na abertura do circuito. Se deixado em branco a atuação do relé se dará somente no caso das correntes em ambas as extremidades violarem as condições de corrente ajustada.
<b>Cor</b>	Corrente de ajuste para monitoração do circuito, em <i>pu</i> .
<b>Ang</b>	Ângulo $\theta$ do elemento direcional, em graus, com $0^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$ . Se deixado em branco, o elemento direcional é ignorado na modelagem do relé. No caso de haver elemento direcional, o relé só irá atuar se a impedância vista a partir da extremidade do circuito estiver contida na região correspondente à união do 1º quadrante com as porções do 2º e 4º quadrantes indicadas na Figura abaixo pelo ângulo $\theta$ .
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.

Fig. 45.6: Ângulo  $\theta$  do elemento direcional.**DREL MD04**

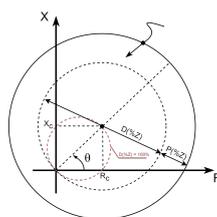
Relé de impedância para detecção de defeito em circuito.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Ne</b>	Número de identificação da extremidade do circuito, a partir da qual a impedância é monitorada para a atuação do relé na abertura do circuito. Se deixado em branco a atuação do relé se dará somente no caso das impedâncias monitoradas a partir de ambas as extremidades violarem o valor ajustado.
<b>%</b>	Distância em percentagem da impedância do circuito para ajuste do relé. Este valor <b>deve ser maior</b> que 0 (zero) e, se deixado em branco, será considerado o valor 100%.
<b>Ang</b>	Ângulo de ajuste do relé, em graus. Este valor <b>deve estar compreendido entre</b> $0^\circ$ (zero) e $90^\circ$ . Se deixado em branco será considerado o ângulo da impedância do circuito.
<b>%</b>	Parcela adicional em percentagem da impedância do circuito para ajuste do relé. Se este for deixado em branco será considerado o valor 0%.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue auto-maticamente no desligamento do circuito.

**DREL MD05**

Relé de impedância para detecção de oscilação entre áreas.

**Primeira régua:**

Fig. 45.7: Ângulo  $\theta$  do elemento direcional.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Rmn1</b>	Ajuste do valor mínimo da resistência medida pelo relé (1ª região), em 100%.
<b>Rmx1</b>	Ajuste do valor máximo da resistência medida pelo relé (1ª região), em 100%.
<b>Xmn1</b>	Ajuste do valor mínimo da reatância medida pelo relé (1ª região), em 100%.
<b>Xmx1</b>	Ajuste do valor máximo da reatância medida pelo relé (1ª região), em 100%.

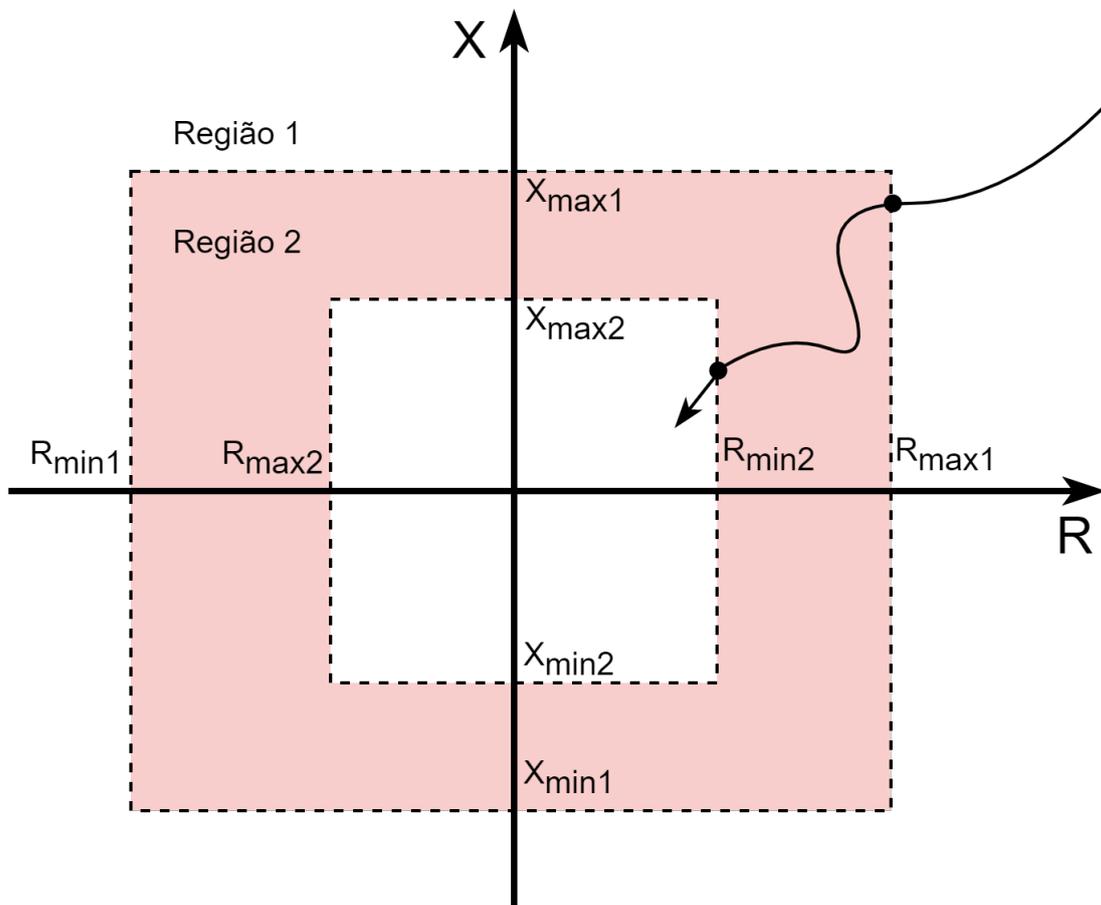
**Segunda régua:**

<b>Rmn2</b>	Ajuste do valor mínimo da resistência medida pelo relé (2ª região), em 100%.
<b>Rmx2</b>	Ajuste do valor máximo da resistência medida pelo relé (2ª região), em 100%.
<b>Xmn2</b>	Ajuste do valor mínimo da reatância medida pelo relé (2ª região), em 100%.
<b>Xmx2</b>	Ajuste do valor máximo da reatância medida pelo relé (2ª região), em 100%.
<b>Tmn</b>	Temporização mínima ajustada para o relé atuar, em segundos.
<b>Tmx</b>	Temporização máxima ajustada para o relé atuar, em segundos.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. O relé só manda ordem para o disjuntor abrir se o tempo que a impedância medida leva para passar entre as regiões 1 e 2 estiver compreendido entre <i>Tmn</i> e <i>Tmx</i> .
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.

**Dica:** Para inserir a primeira régua de auxílio para preenchimento dos campos do *modelo 18* predefinido de relé, utilize o atalho “*ctrl + \**”. A segunda régua de auxílio pode ser inserida da mesma forma após digitar qualquer valor na linha imediatamente abaixo da linha com os parâmetros do relé preenchidos de acordo com a primeira régua.

**DREL MD06**

Relé de sobretensão para desligamento de circuito.

Fig. 45.8: Ângulo  $\theta$  do elemento direcional.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Ten</b>	Tensão de ajuste do relé de sobretensão, em <i>pu</i> , a partir da qual a tensão na barra especificada é monitorada para a atuação do relé na abertura do circuito.
<b>Rel</b>	Relação percentual entre a tensão de <i>reset</i> do relé e a tensão de ajuste. Este valor deve ser menor ou igual a 100. Se deixado em branco será considerado o valor 100%.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.
<b>Bm</b>	Número de identificação da barra onde é feita a medição de tensão para desligamento do circuito. Esta barra pode ser diferente das barras terminais do circuito. Se deixado em branco, é considerada a barra onde está conectado o relé, fornecida no campo <i>De</i> .

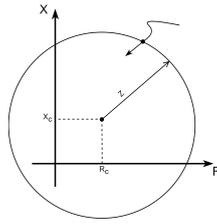
**DREL MD09**

Relé de impedância para esquemas especiais de proteção.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Rc</b>	Coordenada resistiva do centro do círculo que define a região de atuação do relé, em % da impedância base do sistema.
<b>Xc</b>	Coordenada reativa do centro do círculo que define a região de atuação do relé, em % da impedância base do sistema.
<b>Z</b>	Valor de impedância correspondente ao raio do centro do círculo que define a região de atuação do relé, em % da impedância base do sistema.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.
<b>De2</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito a ser aberto. Se deixado em branco, assume o mesmo valor preenchido no campo <i>De</i> .
<b>Pa2</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito a ser aberto. Se deixado em branco, assume o mesmo valor preenchido no campo <i>Pa</i> .
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo a ser aberto. Se deixado em branco, assume o mesmo valor preenchido no primeiro campo <i>Nc</i> .

**Nota:** Embora o *modelo 09* predefinido de relé seja similar ao *modelo 04* predefinido, possui as seguintes diferenças básicas:

- A monitoração de impedância é feita apenas a partir da extremidade *DE* da Barra *I* (campo *De*) do circuito monitorado.
- O circuito chaveado pode ser diferente do circuito monitorado.
- **Os parâmetros do círculo que determinam a zona de atuação são definidos diretamente em % da impedância base do sistema, sem qualquer** relação com a impedância do circuito monitorado, já que a princípio ele não é destinado à proteção contra curto-circuito no mesmo (embora possa ser usado para tal).

Fig. 45.9: Característica de operação do *modelo 09* predefinido de relé.**DREL MD10**

Relé de subtensão para desligamento de circuito.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Ten</b>	Tensão de ajuste do relé de subtensão, em <i>pu</i> , a partir da qual a tensão na barra especificada é monitorada para a atuação do relé na abertura do circuito.
<b>Rel</b>	Relação percentual entre a tensão de reset do relé e a tensão de ajuste. Este valor <b>deve ser maior ou igual</b> a 100. Se deixado em branco será considerado o valor 100%.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.
<b>Bm</b>	Número de identificação da barra onde é feita a medição de tensão para desligamento do circuito. Esta barra pode ser diferente das barras terminais do circuito. Se deixado em branco é considerada a barra onde está conectado o relé (fornecido no campo <i>De</i> ).

**DREL MD18**

Relé de impedância em lente para desligamento de circuito (detecção de perda de sincronismo).

**Primeira régua:**

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito monitorado pelo relé.
<b>Rc1d</b>	Parte real do centro do círculo que define a primeira região de ajuste do relé do lado esquerdo, em %.
<b>Xc1d</b>	Parte imaginária do centro do círculo que define a primeira região de ajuste do relé do lado esquerdo, em %.
<b>Ra1d</b>	Raio do círculo que define a primeira região de ajuste do relé do lado esquerdo, em %.
<b>Rc1e</b>	Parte real do centro do círculo que define a primeira região de ajuste do relé do lado direito, em %. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor $\sim Rc1D$ .
<b>Xc1e</b>	Parte imaginária do centro do círculo que define a primeira região de ajuste do relé do lado direito, em %. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor $\sim Xc1D$ .
<b>Ra1e</b>	Raio do círculo que define a primeira região de ajuste do relé do lado direito, em %. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor <i>Ra1D</i> .
<b>C</b>	Controle para envio da ordem para abertura dos disjuntores: <i>E</i> para entrada ou <i>S</i> para saída. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor <i>E</i> .

**Segunda régua:**

<b>Rc2d</b>	Parte real do centro do círculo que define a segunda região de ajuste do relé do lado esquerdo, em %.
<b>Xc2d</b>	Parte imaginária do centro do círculo que define a segunda região de ajuste do relé do lado esquerdo, em %.
<b>Ra2d</b>	Raio do círculo que define a segunda região de ajuste do relé do lado esquerdo, em %.
<b>Rc2e</b>	Parte real do centro do círculo que define a segunda região de ajuste do relé do lado direito, em %. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor $\sim Rc2D$ .
<b>Xc2e</b>	Parte imaginária do centro do círculo que define a segunda região de ajuste do relé do lado direito, em %. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor $\sim Xc2D$ .
<b>Ra2e</b>	Raio do círculo que define a segunda região de ajuste do relé do lado direito, em %. Se este campo for deixado em branco será considerado o valor $Ra2D$ .
<b>Tmn</b>	Tempo mínimo de discriminação ajustado para o relé atuar, em segundos.
<b>Tmx</b>	Tempo máximo de discriminação ajustado para o relé atuar, em segundos.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.

**Dica:** Para inserir a primeira régua de auxílio para preenchimento dos campos do *modelo 18* predefinido de relé, utilize o atalho “*ctrl + \**”. A segunda régua de auxílio pode ser inserida da mesma forma após digitar qualquer valor na linha imediatamente abaixo da linha com os parâmetros do relé preenchidos de acordo com a primeira régua.

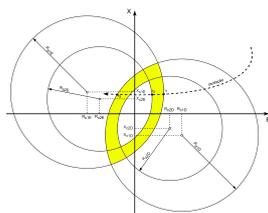
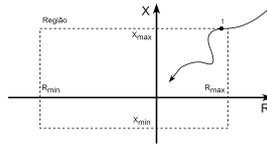


Fig. 45.10: Característica de operação do *modelo 18* de relé predefinido.

### DREL MD19

Relé de impedância com característica quadrilateral.

<b>De</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito paralelo monitorado pelo relé.
<b>Rmin</b>	Ajuste do valor mínimo da resistência medida pelo relé (1ª região), em %.
<b>Rmax</b>	Ajuste do valor máximo da resistência medida pelo relé (1ª região), em %.
<b>Xmin</b>	Ajuste do valor mínimo da reatância medida pelo relé (1ª região), em %.
<b>Xmax</b>	Ajuste do valor máximo da reatância medida pelo relé (1ª região), em %.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.

Fig. 45.11: Característica de operação do *modelo 19* de relé predefinido.

## Relés com atuação em *Shunt*

### DREL MD07

Relé de sobretensão de barra para desligamento de bancos de capacitores ou inclusão de bancos de reatores.

<b>Nb</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Ten</b>	Tensão de ajuste do relé de sobretensão, em <i>pu</i> , a partir da qual a tensão na barra definida no campo <i>Nb</i> é monitorada para a atuação do relé no chaveamento do <i>shunt</i> .
<b>Rel</b>	Relação percentual entre a tensão de reset do relé e a tensão de ajuste. Este valor deve ser menor ou igual a 100. Se deixado em branco será considerado o valor 100%.
<b>%c</b>	Valor percentual (calculado a partir do valor em $t = 0$ ) do <i>shunt</i> a ser retirado pelo relé de sobretensão. Valores negativos devem ser usados para aumentar o reator da barra, caso nesta tenha reator. Valores positivos devem ser usados para diminuir o capacitor da barra, caso nesta tenha capacitor.
<b>ABS</b>	Valor absoluto do <i>shunt</i> da barra (para tensão de $1pu$ ) a ser retirado pelo relé de sobretensão, em <i>Mvar</i> . Neste campo só podem ser usados valores positivos indicando retirada deste valor no <i>shunt</i> da barra.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de banco <i>shunt</i> individualizado.
<b>Und</b>	Número de unidades a serem removidas pela atuação do relé (no caso de capacitor) ou a serem inseridos (no caso de reator). Caso este campo seja deixado em branco, o banco de capacitores inteiro é removido ou o banco de reatores inteiro é adicionado.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.
<b>Qmin</b>	Limite mínimo de potência reativa (para tensão de $1pu$ ) para o <i>shunt</i> da barra. O relé só irá desligar capacitor (inserir reator) enquanto o valor de <i>shunt</i> for superior a este limite. Caso o valor em $t = 0$ seja inferior a <i>Qmin</i> , o relé não poderá ser usado. Se o valor de <i>shunt</i> ficar menor que <i>Qmin</i> durante a simulação (por exemplo, devido a um evento), o relé será desabilitado.
<b>Pa</b>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé. (Esse campo <b>só deve ser preenchido</b> quando se tratar de atuação do relé sobre grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito.)
<b>Nc</b>	Número de identificação do circuito monitorado pelo relé. (Esse campo <b>só deve ser preenchido</b> quando se tratar de atuação do relé sobre grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito.)
<b>Ex</b>	Número de identificação da extremidade que se encontra o grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito. (Esse campo <b>só deve ser preenchido</b> quando se tratar de atuação do relé sobre grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito.)

### DREL MD08

Relé de subtensão de barra para desligamento de bancos de reatores ou inclusão de bancos de capacitores.

<b>Nb</b>	Número de identificação da extremidade <i>DE</i> do circuito monitorado pelo relé.
<b>Ten</b>	Tensão de ajuste do relé de subtensão, em <i>pu</i> , a partir da qual a tensão na barra definida no campo <i>Nb</i> é monitorada para a atuação do relé no chaveamento do <i>shunt</i> .
<i>Rel</i>	Relação percentual (calculado a partir do valor em $t = 0$ ) entre a tensão de reset do relé e a tensão de ajuste. Este valor deve ser maior ou igual a 100. Se deixado em branco será considerado o valor 100%.
<b>%</b>	Valor percentual do <i>shunt</i> (calculado a partir do valor em $t = 0$ ) a ser retirado pelo relé de subtensão. Valores negativos devem ser usados para aumentar o capacitor da barra, caso nesta tenha capacitor. Valores positivos devem ser usados para diminuir o reator da barra, caso nesta tenha reator.
<b>ABS</b>	Valor absoluto do <i>shunt</i> da barra (para tensão de $1pu$ ) a ser retirado pelo relé de subtensão, em <i>Mvar</i> . Neste campo só podem ser usados valores positivos indicando inclusão deste valor no <i>shunt</i> da barra.
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de banco <i>shunt</i> individualizado.
<i>Und</i>	Número de unidades a serem removidas pela atuação do relé (no caso de reator) ou a serem ligados (no caso de capacitor). Caso este campo seja deixado em branco, o banco de reatores inteiro é removido ou o banco de capacitores inteiro é adicionado.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do circuito.
<b>Qmax</b>	Limite máximo de potência reativa (para tensão de $1pu$ ) para o <i>shunt</i> da barra. O relé só irá desligar reator (inserir capacitor) enquanto o valor de <i>shunt</i> for inferior a este limite. Caso o valor em $t = 0$ seja superior a <i>Qmax</i> o relé não poderá ser usado. Se o valor de <i>shunt</i> ficar maior que <i>Qmax</i> durante a simulação (por exemplo, devido a um evento), o relé será desabilitado.
<i>Pa</i>	Número de identificação da extremidade <i>PARA</i> do circuito monitorado pelo relé. (Esse campo <b>só deve ser preenchido</b> quando se tratar de atuação do relé sobre grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito.)
<i>Nc</i>	Número de identificação do circuito monitorado pelo relé. (Esse campo <b>só deve ser preenchido</b> quando se tratar de atuação do relé sobre grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito.)
<i>Ex</i>	Número de identificação da extremidade que se encontra o grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito. (Esse campo <b>só deve ser preenchido</b> quando se tratar de atuação do relé sobre grupo de banco <i>shunt</i> individualizado de circuito.)

**DREL MD17**

Relé de subfrequência para desligamento de *shunt* de barra capacitivo, com lógica de operação por frequência absoluta, taxa de variação da frequência e/ou por uma combinação destas.

A função principal deste relé é desligar bancos de capacitores usados para compensar cargas com fator de potência indutiva, que serão desligadas por atuação de estágios de *ERAC*.

Caso seja solicitado desligamento de *shunt* capacitivo além do existente na barra o valor do *shunt* total nesta barra será limitado em 0, ou seja, não será permitida reversão de sinal no valor do *shunt*. Se o valor do *shunt* de barra for negativo (indutivo) no início da simulação este relé não poderá ser utilizado. Caso o *shunt* de barra fique negativo durante a simulação devido a algum tipo de evento será emitida uma mensagem, no instante em que o relé deveria operar, informando que este está desabilitado.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde está conectado o relé de subfrequência. A medição de frequência de barra está sujeita a uma filtragem com função de transferência $1/(1+sT)$ , cuja constante de tempo $T$ pode ser alterada pelo código <i>DCTE</i> (mnemônico <i>PFFB</i> ).
<b>L</b>	Letra relativa à lógica de desligamento de shunt de barra do relé de subfrequência: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A - frequência absoluta</li> <li>• T - taxa de variação de frequência</li> <li>• O - frequência absoluta ou taxa de variação de frequência</li> </ul>
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H - frequência em hertz (<math>Hz</math>)</li> <li>• P - frequência em <i>pu</i>. Caso este campo não seja preenchido, assume-se dados de frequência em <i>pu</i>.</li> </ul>
<b>F<sub>s</sub></b>	Frequência de supervisão, em <i>pu</i> ou $Hz$ , conforme campo <i>H</i> . Frequência a partir da qual o cálculo da taxa de variação de frequência é ativado para o desligamento do <i>shunt</i> de barra. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência.
<b>F<sub>c</sub></b>	Frequência de corte, em <i>pu</i> ou $Hz$ , conforme campo <i>H</i> . Frequência na qual o cálculo da taxa de variação de frequência é efetuado para o desligamento do <i>shunt</i> de barra. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência.
<b>Tax</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o desligamento do <i>shunt</i> de barra, em $pu/s$ ou $Hz/s$ , conforme campo <i>H</i> . Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência.
<b>Fr</b>	Frequência de ajuste para o desligamento do <i>shunt</i> de barra por frequência absoluta, em <i>pu</i> ou $Hz$ , conforme campo <i>H</i> . Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta.
<b>%</b>	Valor percentual, calculado a partir do valor em $t = 0$ , do <i>shunt</i> a ser retirado pelo relé de subfrequência. Neste campo só podem ser usados <b>valores positivos</b> .
<b>ABS</b>	Valor absoluto do <i>shunt</i> de barra, para tensão de $1pu$ , a ser retirado pelo relé de subfrequência, em <i>Mvar</i> . Neste campo só podem ser usados <b>valores positivos</b> .
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de banco de capacitores individualizado.
<b>Und</b>	Número de unidades a serem removidas pela atuação do relé. Caso este campo seja deixado em branco, o grupo inteiro é removido.
<b>45.55. DREL</b>	
<b>Ttx</b>	Temporização de retardo total do relé por taxa de variação de frequência, em segundos.

**Aviso:** O relé **não** pode ser usado se o valor inicial do *shunt* for negativo (indutivo).

## Relés com atuação em Máquinas de Indução Convencional

### DREL MD12

Relé de subtensão para desligamento de máquina de indução. Este relé têm por objetivo proteger máquina de indução contra subtensão (que provoca em geral sobrecorrente) e portanto, no caso de atuação, todas as unidades do grupo protegido serão desligadas.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra terminal do grupo de máquina de indução monitorado pelo relé
<b>Gr</b>	Número de identificação do grupo de máquina de indução monitorado pelo relé.
<b>Ten</b>	Tensão de ajuste do relé de subtensão, em <i>pu</i> , a partir da qual a tensão na barra da máquina de indução é monitorada para a atuação do relé.
<b>Rel</b>	Relação percentual entre a tensão de reset do relé e a tensão de ajuste. Este valor <b>deve ser maior ou igual</b> a 100. Se deixado em branco será considerado o valor 100%.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Este dado <b>deve ser maior ou igual</b> a 0. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. Este dado <b>deve ser maior ou igual</b> a 0.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no desligamento do grupo de máquina de indução.

### DREL MD13

Relé de subfrequência para desligamento de motor de indução, com lógica de operação por frequência absoluta, taxa de variação de frequência e/ou por uma combinação destas. O objetivo deste relé é representar esquema de corte de cargas modeladas por motor de indução. A frequência usada para monitoração é a frequência calculada da barra terminal do motor de indução.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra.
<b>Ng</b>	Número de identificação do grupo de máquinas de indução operando como motor. Este campo em conjunto com o campo <i>Nb</i> , servem para localizar onde está conectado o relé de subfrequência.
<b>L</b>	Letra relativa à lógica de alívio de carga do relé de subfrequência: <ul style="list-style-type: none"> <li style="display: inline-block; width: 45%;">• A - frequência absoluta</li> <li style="display: inline-block; width: 45%;">• O - frequência absoluta ou</li> <li style="display: inline-block; width: 45%;">• T - taxa de variação de frequência</li> <li style="display: inline-block; width: 45%;">taxa de variação de frequência</li> </ul>
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li style="display: inline-block; width: 45%;">• H - frequência em hertz (<i>Hz</i>)</li> <li style="display: inline-block; width: 45%;">este campo não seja preenchido, assume-se</li> <li style="display: inline-block; width: 45%;">• P - frequência em <i>pu</i>. Caso</li> <li style="display: inline-block; width: 45%;">dados de frequência em <i>pu</i>.</li> </ul>
<b>F<sub>s</sub></b>	Frequência de supervisão, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Frequência a partir da qual o cálculo da taxa de variação de frequência é ativado para o corte de carga modelada como motor de indução. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ter valor abaixo</b> de 1.0.
<b>F<sub>c</sub></b>	Frequência de corte, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Frequência na qual o cálculo da taxa de variação de frequência é efetuado para o corte de carga modelada como motor de indução. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ter valor abaixo</b> do fornecido no campo <i>F<sub>s</sub></i> .
<b>Tax</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o corte de carga modelada como motor de indução, em <i>pu/s</i> ou <i>Hz/s</i> , conforme campo <i>H</i> . Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ter valor positivo</b> .
<b>Fr</b>	Frequência de ajuste para o corte de carga modelada como motor de indução por frequência absoluta, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta e <b>deve ter valor abaixo</b> de 1.0 <i>pu</i> .
<b>U</b>	Número de unidades de motor de indução a serem desligadas do grupo em que o relé está conectado. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> . Se for deixado em branco assume-se o valor 1.
<b>Ttx</b>	Temporização de retardo total do relé por taxa de variação de frequência, em segundos. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de
<b>45.55. DREL</b>	variação de frequência e <b>deve ser maior ou igual</b> a 0.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé de frequência absoluta atuar, em segundos. Este dado <b>só deve</b>

## Relés com atuação em Máquinas Síncronas

### **DREL MD11**

Relé de sobrefrequência para desligamento de geração, com lógica de operação por frequência absoluta, taxa de variação da frequência e/ou por uma combinação destas.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra.
<b>Ng</b>	Número de identificação do grupo de máquinas. Este campo em conjunto com o campo <i>Nb</i> , serve para localizar onde está conectado o relé de sobre-frequência.
<b>L</b>	Letra relativa à lógica de alívio de carga do relé de sobre-frequência: <ul style="list-style-type: none"> <li>• A - frequência absoluta</li> <li>• T - taxa de variação de frequência</li> <li>• O - frequência absoluta ou taxa de variação de frequência</li> </ul>
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H - frequência em hertz (<i>Hz</i>)</li> <li>• P - frequência em <i>pu</i>. Caso este campo não seja preenchido, assume-se dados de frequência em <i>pu</i>.</li> </ul>
<b>F<sub>s</sub></b>	Frequência de supervisão, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Frequência a partir da qual o cálculo da taxa de variação de frequência é ativado para o corte de geração. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ter valor acima</b> de 1.0.
<b>F<sub>c</sub></b>	Frequência de corte, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Frequência na qual o cálculo da taxa de variação de frequência é efetuado para o corte de geração. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ter valor acima</b> do fornecido no campo <i>F<sub>s</sub></i> .
<b>Tax</b>	Taxa de variação de frequência ajustada para o corte de geração, em <i>pu/s</i> ou <i>Hz/s</i> , conforme campo <i>H</i> . Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por taxa de variação de frequência e <b>deve ter valor positivo</b> .
<b>Fr</b>	Frequência de ajuste para o corte de geração por frequência absoluta, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta e <b>deve ter valor acima</b> de 1.0.
<b>U</b>	Número de unidades geradoras a serem desligadas do grupo em que o relé está conectado. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> . Caso seja deixado em branco assume o valor 1.
<b>Ttx</b>	Temporização de retardo total do relé por taxa de variação de frequência, em segundos.
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé de frequência absoluta atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos
<b>45.55. DREL</b>	em segundos. Este dado <b>só deve ser fornecido</b> no caso do relé atuar por frequência absoluta.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitora-

**DREL MD14**

Relé de sub/sobrefrequência para desligamento de geração. Este relé tem por objetivo representar a proteção de máquinas síncronas com geração térmica contra desvios de frequência e, no caso de atuação, serão desligadas unidades ou todo o grupo de geradores. A frequência usada para monitoração é a própria frequência da máquina.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra onde está conectado o grupo de máquinas.
<b>Ng</b>	Número de identificação do grupo de máquinas. Este campo em conjunto com o campo <i>Nb</i> , serve para localizar onde está conectado o relé de sub-frequência.
<i>H</i>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H - frequência em hertz (<i>Hz</i>) preenchido, assume-se dados</li> <li>• P - frequência em <i>pu</i>. Caso este campo não seja de frequência em <i>pu</i>.</li> </ul>
<i>Fmn</i>	Frequência mínima, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Frequência a partir da qual é ativada a temporização para o corte de geração. Este dado <b>deve ter valor abaixo</b> de 1.0. Se não for preenchido assume-se o valor $0.95pu$ caso o campo <i>H</i> não tenha sido preenchido, ou do contrário, $57Hz$ .
<i>Fmx</i>	Frequência máxima, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> . Frequência a partir da qual é ativada a temporização para o corte de geração. Este dado <b>deve ter valor acima</b> de 1.0. Se não for preenchido assume-se o valor 1.05 caso o campo <i>H</i> não tenha sido preenchido, ou do contrário, $63Hz$ .
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé de sub/sobrefrequência atuar, em segundos. Este dado <b>deve ser maior ou igual</b> a 0. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos. Este dado <b>deve ser maior ou igual</b> a 0.
<i>M</i>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no corte de geração. Se for deixado em branco assume-se o valor <i>A</i> .
<i>Und</i>	Número de unidades a serem desligadas do grupo em que o relé está conectado. Este campo deve ser preenchido com um <b>número inteiro</b> . Se for deixado em branco todo o grupo será desligado.

## Relés com atuação em Geradores Eólicos DFIG

### DREL MD16

Relé de sub/sobrefrequência para desligamento de *geração eólica com máquina de indução com dupla alimentação*. Este relé tem por objetivo representar a proteção do gerador eólico com contra desvios excessivos de velocidade, por distúrbios na rede CA ou devido a variações repentinas no vento. Portanto, no caso de atuação, todas as unidades do grupo protegido serão desligadas. A frequência usada para monitoração é a frequência no estator da máquina induzida pelo campo do rotor.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra.
<b>Ng</b>	Número de identificação do grupo de máquinas. Este campo em conjunto com o campo <i>Nb</i> serve para localizar onde está conectado o relé de sub/sobrefrequência.
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H - frequência em hertz (<i>Hz</i>) preenchido, assume-se dados</li> <li>• P - frequência em pu. Caso este campo não seja de frequência em pu.</li> </ul>
<b>Fmn</b>	Valor mínimo de ajuste para monitoração da frequência da máquina, em pu ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> .
<b>Fmx</b>	Valor máximo de ajuste para monitoração da frequência da máquina, em pu ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> .
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no corte de geração.

## Relés com atuação em Geradores Síncronos Eólicos

### DREL MD15

Relé de sub/sobrefrequência para desligamento de geração eólica com conexão direta. Este relé tem por objetivo representar a proteção do gerador eólico com contra desvios excessivos de velocidade, por distúrbios na rede CA ou devido a variações repentinas no vento. Portanto, no caso de atuação, todas as unidades do grupo protegido serão desligadas. A frequência usada para monitoração é a frequência no estator da máquina induzida pelo campo do rotor.

<b>Nb</b>	Número de identificação da barra.
<b>Ng</b>	Número de identificação do grupo de máquinas. Este campo em conjunto com o campo <i>Nb</i> serve para localizar onde está conectado o relé de sub/sobrefrequência.
<b>H</b>	Identificação do formato dos dados relativos à frequência, podendo ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• H - frequência em hertz (<i>Hz</i>)</li> <li>• P - frequência em <i>pu</i>. Caso este campo não seja</li> </ul> preenchido, assume-se dados de frequência em <i>pu</i> .
<b>Fmn</b>	Valor mínimo de ajuste para monitoração da frequência da máquina, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> .
<b>Fmx</b>	Valor máximo de ajuste para monitoração da frequência da máquina, em <i>pu</i> ou <i>Hz</i> , conforme campo <i>H</i> .
<b>Tre</b>	Temporização ajustada para o relé atuar, em segundos. Durante esta contagem, é permitido <i>drop-out</i> do relé.
<b>Tdj</b>	Tempo que o disjuntor leva a partir do instante em que recebeu o comando do relé para abertura até o instante em que efetivamente abre os seus contatos, em segundos.
<b>M</b>	Letra <i>M</i> , se a função do relé é de simples monitoração, ou letra <i>A</i> , caso este atue automaticamente no corte de geração.

### 45.55.3 Opções de execução aplicáveis

- *BASE*
- *IERR*
- *MD01*
- *MD02*
- *MD03*
- *MD04*
- *MD05*
- *MD06*
- *MD07*
- *MD08*
- *MD09*
- *MD10*
- *MD11*
- *MD12*
- *MD13*
- *MD14*
- *MD15*
- *MD16*
- *MD17*
- *MD18*
- *MD19*
- *MD20*
- *MD21*
- *MD22*
- *CONT*
- *FILE*
- *IMPR*
- *80CO*
- *WARN*

**Nota:** As opções *MD01* a *MD18* são utilizadas para ativação da leitura de dados dos respectivos modelos de relé. Somente uma destas opções pode ser ativada em cada execução do código *DREL*.

**Cuidado:** Quando utilizada a opção *IERR*, o caso será executado, porém os dados de relé serão desconsiderados. Se usada com este código de execução, faz com as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**, de acordo com o modelo predefinido de relé selecionado:

1. *MD01*
  - Número de barra inexistente
  - Barra não tem carga para aliviar
2. *MD02*

- Barra CA da extremidade DE não existe
- Barra CA da extremidade PARA não existe
- Circuito inexistente

## 3. MD03

- Número de barra inexistente
- Barra não tem carga para aliviar
- Barra de medição de tensão não existe

## 4. MD04

- Barra CA da extremidade DE não existe
- Barra CA da extremidade PARA não existe
- Circuito inexistente

## 5. MD05

- Barra CA da extremidade DE não existe
- Barra CA da extremidade PARA não existe
- Circuito inexistente

## 6. MD06

- Barra CA da extremidade DE não existe
- Barra CA da extremidade PARA não existe
- Circuito inexistente
- Barra controlada não existe

## 7. MD07

- Número de barra inexistente

## 8. MD08

- Número de barra inexistente

## 9. MD09

- Barra CA da extremidade DE não existe
- Barra CA da extremidade PARA não existe
- Circuito inexistente
- Circuito monitorado não existe
- Circuito a desligar não existe

## 10. MD10

- Barra CA da extremidade DE não existe
- Barra CA da extremidade PARA não existe
- Circuito inexistente
- Barra controlada não existe

## 11. MD11

- Número de barra inexistente
- Barra não possui geração

12. *MD12*

- *Número de barra inexistente*
- *Grupo de máquina de indução não existe*
- *Barra não possui máquina de indução*

13. *MD13*

- *Número de barra inexistente*
- *Grupo de motor de indução não existe*
- *Barra não possui máquina de indução*

14. *MD14*

- *Número de barra inexistente*
- *Barra não possui geração*

15. *MD15*

- *Número de barra inexistente*
- *Grupo de máquina de indução não existe*
- *Barra não possui máquina de indução*

16. *MD16*

- *Número de barra inexistente*
- *Barra não possui geração*

17. *MD17*

- *Número de barra inexistente*

18. *MD18*

- *Barra CA da extremidade DE não existe*
- *Barra CA da extremidade PARA não existe*
- *Circuito inexistente*

## 45.55.4 Exemplo

Listagem 45.52: Exemplo da aplicação do código DREL

```

1 (=====
2 ( DADOS DE RELES DE SOBRETENSAO
3 (=====
4 DREL MD06
5 ( De) ( Pa) Nc (Ten) (Rel) (Tre) (Tdj) M ( Bm)
6 1204 1205 2 1.150 98.0 0.10 0.05 A
7 999999
8 (
9 (=====
10 ( DADOS DE RELES DE SOBRETENSAO DE BARRA
11 (=====
12 DREL MD07
13 ( Nb) (Ten) (Rel) ( % ) ( ABS) Gr Und (Tre) (Tdj) M (Qmin) ( Pa) Nc ( Ex)
14 1205 1.150 98.0 200.0 0.10 0.05 A 50.
15 999999

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

16 (=====
17 ( DADOS DE RELES DE SUBTENSÃO DE BARRA
18 (=====
19 DREL MD08
20 ( Nb) (Ten) (Rel) ( % ) ( ABS) Gr Und (Tre) (Tdj) M (Qmax) ( Pa) Nc ( Ex)
21 1205 0.98 102.0 200.0 0.10 0.05 A -10.0
22 999999
23 (=====
24 ( DADOS DE RELES DE SUBTENSÃO
25 (=====
26 DREL MD10
27 ( De) ( Pa) Nc (Ten) (Rel) (Tre) (Tdj) M ( Bm)
28 1204 1205 2 0.900 102.0 0.10 0.05 A
29 999999
30 (=====
31 ( DADOS DE RELES DE SOBREFREQUENCIA P/ DESLIG. DE GERACAO (MAQ. SINC.)
32 (=====
33 DREL MD11
34 ( Nb) Ng LH(Fs )(Fc )(Tax)(Fr )(U) (Ttx)(Tre)(Tdj) M
35 21 10 P01.0171.033.01671.083 2 0.1 0.15 0.05 A
36 999999
37 (=====
38 ( DADOS DE RELES DE SUBTENSÃO PARA DESLIGAMENTO DE MAQUINA DE INDUCAO
39 (=====
40 DREL MD12
41 ( Nb) Gr (Ten) (Rel) (Tre) (Tdj) M
42 4 10 0.90 105. 0.10 0.06 A
43 999999
44 (=====
45 ( DADOS DE RELES DE SUBFREQUENCIA PARA DESLIGAMENTO DE MOTOR DE INDUCAO
46 (=====
47 DREL MD13
48 ( Nb) Ng LH(Fs )(Fc )(Tax)(Fr )(U) (Ttx)(Tre)(Tdj) M
49 21 10 OP0.9950.990.01670.983 2 0.1 0.15 0.05 A
50 999999
51 (=====
52 ( DADOS DE RELES DE SUB/SOBREFREQUENCIA PARA DESLIGAMENTO DE GERACAO
53 (=====
54 DREL MD14
55 ( Nb) NgH(Fmn) (Fmx) (Tre) (Tdj) M Und
56 21 10P0.945 1.055 0.1 0.05 A
57 999999
58 (=====
59 ( DADOS DE RELES DE SUB/SOBREFREQUENCIA PARA DESLIG. DE GERACAO EOLICA
60 (=====
61 DREL MD15
62 ( Nb) NgH(Fmn) (Fmx) (Tre) (Tdj) M
63 101 15P .997 1.020 0.50 0.10 A
64 999999
65 (=====
66 ( DADOS DE RELES DE SUB/SOBREFREQUENCIA PARA DESLIG. DE GERACAO EOLICA DFIG
67 (=====
68 DREL MD16
69 ( Nb) NgH(Fmn) (Fmx) (Tre) (Tdj) M
70 101 15P .997 1.149 5.00 0.10 A
71 999999

```

(continua na próxima página)

```

72 (=====
73 ( DADOS DE RELES DE SUBFREQUENCIA PARA DESLIGAMENTO DE SHUNT DE BARRA CAPACITIVO
74 (=====
75 DREL MD17
76 ( Nb) LH(Fs )(Fc )(Tax)(Fr ) ( % ) ( ABS) Gr Und (Ttx)(Tre)(Tdj) M
77 1205 TP.9950.9867 0.01 200.0 0.3 A
78 999999
79 (=====
80 ( DADOS DE RELES DE IMPEDANCIA POR LENTE (PPS)
81 (=====
82 DREL MD18
83 ( De)( Pa)Nc (Rc1d) (Xc1d) (Ra1d) (Rc1e) (Xc1e) (Ra1e) C
84 6444 6349 1 240.0 0.0 320.0 -300.0 0.0 320.0 E
85 (.....(Rc2d) (Xc2d) (Ra2d) (Rc2e) (Xc2e) (Ra2e) (Tmn)(Tmx)(Tdj)M
86 240.0 0.0 280.0 -280.0 0.0 280.0 0.020 1.0 0.03A
87 999999
88 (=====
89 ( DADOS DE RELES DE SUB E SOBRETENSAO PARA CORTE DE GERACAO ZIP
90 (=====
91 DREL MD20
92 ( Nb) (Vci) (Vcs) ( %P ) ( %Q ) (Gf) (Tri) (Trs) (Tdj) M ( Bm)
93 3 0.90 1.1 10 30 0.12 0.15 .001 A
94 3 0.90 1.1 10 0.12 0.15 .001 A
95 999999
96 (=====
97 ( DADOS DE RELES DE SUB E SOBREFREQUENCIA PARA CORTE DE GERACAO ZIP (ABSOLUTA)
98 (=====
99 DREL MD21
100 ( Nb) H (Fci) (Fcs) ( %P ) ( %Q ) (Gf) (Tri) (Trs) (Tdj) M
101 3 H 59.9 60.1 10 0.02 0.03 .001 A
102 999999
103 (=====
104 ( DADOS DE RELES DE SUB E SOBREFREQUENCIA PARA CORTE DE GERACAO ZIP (TAXA)
105 (=====
106 DREL MD22 IMPR
107 ( Nb) H (Txi) (Txs) ( %P ) ( %Q ) (Gf) (Tri) (Trs) (Tdj) M
108 3 H .117 .117 10 0.02 0.03 .001 A
109 999999

```

**Nota:** No exemplo, o relé de sobretensão (*modelo 06*) está localizado no circuito 2 entre as barra 1204 e 1205, com monitoração da tensão da barra 1204. Quando a tensão desta barra ultrapassar o valor 1.150pu, o relé começa a temporização e será resetado caso esta tensão caia abaixo de 98% de 1.150pu antes do envio da ordem para abertura do disjuntor. Neste caso a temporização do relé é de 100ms e a do disjuntor de 50ms.

O relé de sobretensão de barra (*modelo 07*) está localizado na barra 1205, com monitoração da tensão na mesma barra. Quando a tensão desta barra ultrapassar o valor 1.150pu, o relé começa a temporização e será resetado caso esta tensão caia abaixo de 98% de 1.150pu antes do envio da ordem para abertura do disjuntor, caso contrário este aguarda o tempo de 50ms para retirar 200Mvar do shunt da barra. Neste caso a temporização de ajuste do relé é de 100ms e a do disjuntor de 50ms. Ao se retirar os 200Mvar do shunt da barra, o valor final deste shunt será no mínimo de 50Mvar (*Qmin*). Este limite visa impedir que o valor do shunt fique fora da faixa desejada, devido à atuação de outros relés conectados na mesma barra.

O relé de subtensão de barra (*modelo 08*) está localizado na barra 1205, com monitoração da tensão na mesma barra. Quando a tensão desta barra cair abaixo do valor 0.98pu, o relé começa a temporização e será resetado caso esta tensão suba acima de 102% de 0.98pu antes do envio da ordem para abertura do disjuntor, caso contrário este aguarda o tempo de 50ms para incluir 200Mvar no shunt da barra. Neste caso a temporização de ajuste do relé é de 100ms e a do disjuntor de 50ms. Ao se incluir os 200Mvar no shunt da barra, o valor final deste shunt será no

máximo de  $-10Mvar$  ( $Q_{max}$ ). Este limite visa impedir que o valor do shunt fique fora da faixa desejada, devido à atuação de outros relés conectados na mesma barra.

O relé de subtensão (*modelo 10*) está localizado no circuito 2 entre as barras 1204 e 1205, com monitoração da tensão da barra 1204. Quando a tensão desta barra ficar abaixo do valor  $0.90pu$ , o relé começa a temporização e será resetado caso esta tensão suba acima de 102% de  $0.90pu$  antes do envio da ordem para abertura do disjuntor. Neste caso a temporização do relé é de  $100ms$  e a do disjuntor de  $50ms$ .

O relé de sobrefrequência (*modelo 11*) está localizado na barra 21, grupo 10 de máquina síncrona, com lógica de atuação automática por taxa de variação de frequência ou frequência absoluta. Quando a frequência deste grupo ficar acima do valor  $1.017pu$ , o relé começa a temporização e quando a frequência ultrapassar o valor  $1.033pu$ , é feito o cálculo da taxa, enviando ordem para desligamento de duas unidades do grupo caso esta ultrapasse o valor  $0.0167pu/s$ , aguardando um tempo total de  $100ms$ ; ou também quando a frequência ultrapassar o valor  $1.083pu$  por  $150ms$ , enviando ordem para abertura do disjuntor que tem um retardo de  $50ms$ .

O relé de subtensão (*modelo 12*) pertence ao grupo 10 de máquina de indução que está localizado na barra 4. O relé começa a temporização quando a tensão desta barra ficar abaixo do valor  $0.90pu$  e será “resetado” se esta tensão subir acima de 105% de  $0.90pu$  antes do envio da ordem para abertura do disjuntor. Neste exemplo a temporização do relé é de  $100ms$  e a do disjuntor de  $60ms$ .

O relé de subfrequência (*modelo 13*) está localizado no grupo 10 de motor de indução ligado na barra 21, com lógica de atuação automática por taxa de variação de frequência ou frequência absoluta. Quando a frequência deste grupo ficar abaixo do valor  $0.995pu$  o relé começa a temporização e quando a frequência ultrapassar o valor  $0.990pu$  é feito o cálculo da taxa, enviando ordem para desligamento de duas unidades do grupo caso esta ultrapasse o valor  $0.0167pu/s$ , aguardando um tempo total de  $100ms$ ; ou também quando a frequência ultrapassar o valor  $0.983pu$  por  $150ms$ , enviando ordem para abertura do disjuntor que tem um retardo de  $50ms$ .

O relé de sub/sobrefrequência (*modelo 14*) está localizado na barra 21, grupo 10 de máquina síncrona. Quando a frequência deste grupo ficar abaixo do valor  $0.945pu$  ou acima de  $1.055pu$ , o relé começa a temporização que está ajustada em  $100ms$ , enviando ordem para abertura das unidades geradoras do grupo, cujos disjuntores têm retardo de  $50ms$ .

O relé de sub/sobrefrequência (*modelo 15*) está localizado na barra 101, grupo 15. Quando a frequência deste grupo ficar abaixo do valor  $0.997pu$  ou acima de  $1.020pu$ , o relé começa a temporização que está ajustada em  $500ms$ , enviando ordem para abertura de todas as unidades geradoras do grupo, cujos disjuntores têm retardo de  $100ms$ .

O relé de sub/sobrefrequência (*modelo 16*) está localizado na barra 101, grupo 15. Quando a frequência deste grupo ficar abaixo do valor  $0.997pu$  ou acima de  $1.149pu$ , o relé começa a temporização que está ajustada em  $5s$ , enviando ordem para abertura de todas as unidades geradoras do grupo, cujos disjuntores têm retardo de  $100ms$ .

O relé de subfrequência (*modelo 17*) está localizado na barra 1205. Quando a frequência nesta barra atingir  $59,7Hz$  ( $0,995pu$ ), é iniciado o cálculo da taxa de variação de frequência. Ao atingir  $59,2Hz$  ( $0,9867pu$ ), se a taxa for maior ou igual a  $0,01pu/s$ , são aguardados  $300ms$  para serem retirados  $200Mvar$  de capacitores conectados à barra. Caso a potência reativa do shunt existente na barra seja inferior a  $200Mvar$  (para  $1pu$  de tensão) o valor final será limitado em  $0Mvar$ .

O relé de impedância (*modelo 18*) está localizado na barra 6444, com monitoração da impedância no circuito 1 entre as barras 6444 e 6349. Quando o valor da impedância medida entrar na primeira região de ajuste, o relé começa a temporização que é contada até o momento que passa para a segunda região de ajuste e envia ordem para abertura dos disjuntores no caso do tempo ( $t2 \sim t1$ ) estar compreendido entre os valores  $0.02s$  (tempo mínimo de discriminação) e  $1.0s$  (tempo máximo de discriminação). Qualquer outra condição diferente da mencionada provoca o reset do relé. A ordem para abertura dos disjuntores ocorre instantaneamente no caso do controle do relé ser na entrada (campo  $C$  igual a  $E$  ou em branco) ou em  $t3$  no caso do controle ser na saída (campo  $C$  igual a  $S$ ), isto é, quando a impedância vista pelo relé sair da primeira região de ajuste.

## 45.56 DRGT

### 45.56.1 Função

Leitura de dados de modelos predefinidos de regulador de tensão e sistema de excitação de máquina síncrona.

### 45.56.2 Utilização

Existem 24 modelos disponíveis, acessados por meio das opções *MD01* a *MD24*. Alguns dos modelos apresentam duas réguas de preenchimento.

### 45.56.3 Opções de execução disponíveis

- *MD01*
- *MD02*
- *MD03*
- *MD04*
- *MD05*
- *MD06*
- *MD07*
- *MD08*
- *MD09*
- *MD10*
- *MD11*
- *MD12*
- *MD13*
- *MD14*
- *MD15*
- *MD16*
- *MD17*
- *MD18*
- *MD19*
- *MD20*
- *MD21*
- *MD22*
- *MD23*
- *MD24*
- *WARN*

### 45.56.4 Exemplo

Listagem 45.53: Exemplo da aplicação do código DRGT

```

1 (=====
2 ( MODELOS PREDEFINIDOS DE REGULADORES DE TENSAO
3 (=====
4 DRGT MD01
5 (No) (CS) (Ka) (Ke) (Kf) (Tm) (Ta) (Te) (Tf) (Lmn)(Lmx)LS
6 (..... Modelo 101
7 0101 31 300. 3.00 0.30 0.0 0.0 6.00 3.00 -1.1 8.05ED
8 (..... Modelo 102
9 0102 32 408. 1.00.1046 0.0 0.0 1.00 3.17 -1.1 8.05EI
10 999999
11 DRGT MD12
12 (No) (CS) (Ka) (Ke) (Kf) (Kp) (Ki) (Kg) (Tq) (Ta) (Te) (Tf1)(Tf2)
13 (No) (Ln1)(Lx1)(Ln2)(Lx2)(Ln3)(Lx3)L
14 (..... Modelo 1201
15 1201 33 25.0 -.05 .080 .0 1.0 1.0 .0 .20 .50 1.0 .0
16 1201 -1.0 1.0 -4.6 4.6 .0 .0D
17 999999

```

#### Ver também:

Para maiores detalhes acerca do preenchimento dos modelos de reguladores de tensão, ver *Modelos Predefinidos de Regulador de Tensão e Excitatriz*.

## 45.57 DRGV

### 45.57.1 Função

Leitura de dados de modelos predefinidos de regulador de velocidade e turbina de máquina síncrona.

### 45.57.2 Utilização

Existem 7 modelos disponíveis, acessados por meio das opções *MD01* a *MD07*. Alguns dos modelos apresentam duas réguas de preenchimento.

### 45.57.3 Opções de execução disponíveis

- *MD01*
- *MD02*
- *MD03*
- *MD04*
- *MD05*
- *MD06*
- *MD07*
- *WARN*

### 45.57.4 Exemplo

Listagem 45.54: Exemplo da aplicação do código DRGV

```

1 (=====
2 ( MODELOS PREDEFINIDOS DE REGULADORES DE VELOCIDADE
3 (=====
4 DRGV MD01
5 (No) (R) (Rp) (At) (Qnl) (Tw) (Tr) (Tf) (Tg) (Vel) (Lmn) (Lmx) (Dtb) (D)
6 (..... Modelo 0101
7 0101 0.05 0.381.200 0.15 1.5 7.0 0.05 0.5 9999 0.0 .984 0.5 1.0
8 999999

```

#### Ver também:

Para maiores detalhes acerca do preenchimento dos modelos de reguladores de tensão, ver *Modelos Predefinidos de Regulador de Velocidade e Turbina*.

## 45.58 DSIM

### 45.58.1 Função

Controle da simulação. Leitura de dados de simulação.

### 45.58.2 Utilização

<i>Tmax</i>	Tempo máximo de simulação, em segundos. Se for deixado em branco é assumido o valor 10.
<i>Stp</i>	Passo de integração, em segundos. Se for deixado em branco é assumido o valor 0.001.
<i>P</i>	Frequência de gravação dos valores das variáveis selecionadas para plotagem, em passos de integração. O valor a ser fornecido deve ser um número ímpar. Se for deixado em branco é assumido o valor 1.
<i>I</i>	Frequência de emissão de relatórios, em passos de integração. O valor a ser fornecido deve ser um número ímpar. Se for deixado em branco é assumido o valor 1.
<i>F</i>	Frequência com qual a matriz jacobiana será atualizada para a opção <i>DNWT</i> . Se for deixado em branco é assumido o valor 1

**Nota:** Só será gerada saída de plotagem se usuário associar previamente um arquivo à unidade lógica 8 através do código *ULOG*.

### 45.58.3 Opções de execução disponíveis

- *CONT*
- *FILE*
- *IMPR*
- *80CO*

### 45.58.4 Exemplo

Listagem 45.55: Exemplo da aplicação do código *DSIM*

```

1 (=====
2 ( DADOS DE SIMULACAO
3 (=====
4 (
5 DSIM
6 ( Tmax ) (Stp) ( P ) ( I ) ( F )
7   10.00  .005  5
8 (
```

**Nota:** O exemplo acima apresenta os dados para requerer uma simulação de 10 segundos, com passo de integração de 5 milissegundos e saída de plotagem de 5 em 5 pontos.

## 45.59 DSTO

### 45.59.1 Função

Definição da *Seleção do Cenário de Análise no Anatem*.

### 45.59.2 Utilização

Este código possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>Tipo</b>	Tipo de grandeza a ser selecionada pelo código
<b>valor1</b>	Primeiro parâmetro para da seleção da grandeza
<b>valor2</b>	Segundo parâmetro para da seleção da grandeza

O significado de cada parâmetro é dependente do tipo de estocasticidade a ser controlada (relativa a alguma grandeza em particular), conforme a relação a seguir:

#### HIDRO

<b>valor1</b>	Número de identificação da série, correspondente à coluna SERIE do arquivo USIHID.csv
<b>valor2</b>	Número de identificação da série, correspondente à coluna PATAMAR do arquivo USIHID.csv

### 45.59.3 Opções de execução aplicáveis

Não existem opções associadas ao código *DSTO*.

### 45.59.4 Exemplo

Listagem 45.56: Exemplo da aplicação do código *DSTO*

```

1 DSTO
2 (Tipo) ( valor1 ) ( valor2 )
3 HIDRO 1984 1
4 999999

```

#### Ver também:

Para maiores informações acerca de processos estocásticos no contexto *Anatem*, consulte a seção *Definições acerca de Processos Estocásticos*.

## 45.60 DSTR

### 45.60.1 Função

Definição de *Séries Temporais* ou associação de séries oriundas da simulação hidrotérmica do SUISEI.

### 45.60.2 Utilização

Uma de quatro opções de execução (*MD01* a *MD04*) deve estar ativada. Os parâmetros de cada opção seguem:

#### DSTR MD01

Modelo de Série Temporal com Anualidade Presumida. Os dados da primeira linha do modelo com Anualidade Presumida possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>id</b>	Identificação numérica da série temporal
<b>nome da série</b>	Nome da série a ser apresentado em relatórios
<i>a</i>	Coefficiente angular para correção ( <i>default</i> igual a 1.0)
<i>b</i>	Coefficiente linear para correção ( <i>default</i> igual a 0.0)
<i>f</i>	Ativação (“S”) da correção linear $y=ax+b$ ou não (“N”). O valor <i>default</i> é “N”

As demais linhas possuem a seguinte régua:

<b>MM</b>	Identificação do mês do timestamp do valor
<b>DD</b>	Identificação do dia do timestamp do valor
<b>HH</b>	Identificação da hora a do timestamp do valor
<b>valor</b>	Valor numérico

#### DSTR MD02

Modelo de Série Temporal Regular. Os dados da primeira linha do modelo Regular possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>id</b>	Identificação numérica da série temporal
<b>nome da série</b>	Nome da série a ser apresentado em relatórios
<i>a</i>	Coefficiente angular para correção ( <i>default</i> igual a 1.0)
<i>b</i>	Coefficiente linear para correção ( <i>default</i> igual a 0.0)
<i>f</i>	Ativação (“S”) da correção linear $y=ax+b$ ou não (“N”). O valor <i>default</i> é “N”

As demais linhas possuem a seguinte régua:

<b>YYYY</b>	Identificação do ano do timestamp do valor
<b>MM</b>	Identificação do mês do timestamp do valor
<b>DD</b>	Identificação do dia do timestamp do valor
<b>HH</b>	Identificação da hora a do timestamp do valor
<b>valor</b>	Valor numérico

### DSTR MD03

Modelo de Série Constante. Os dados do modelo Constante possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>id</b>	Identificação numérica da série temporal
<b>nome da série</b>	Nome da série a ser apresentado em relatórios
<b>b</b>	Coefficiente linear para correção

### DSTR MD04

Modelo de Série de Queda d'Água oriunda do SUIISHI Os dados do modelo SUIISHI possui a seguinte régua de preenchimento:

<b>id</b>	Identificação numérica da série temporal
<b>nome da série</b>	Nome da série a ser apresentado em relatórios
<b>id2</b>	Identificação numérica na base USIHID da série temporal
<i>a</i>	Coefficiente angular para correção ( <i>default</i> igual a 1.0)
<i>b</i>	Coefficiente linear para correção ( <i>default</i> igual a 0.0)
<i>f</i>	Ativação ("S") da correção linear $y=ax+b$ ou não ("N"). O valor <i>default</i> é "N"

## 45.60.3 Opções de execução aplicáveis

- MD01
- MD02
- MD03
- MD04

## 45.60.4 Exemplo

Listagem 45.57: Exemplo da aplicação do código DSTR

```

1 DSTR MD01
2 (id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
3 (M DD HH ( valor )
4 02 01 00 200
5 03 01 00 300
6 04 01 00 400.
7 05 01 00 500.
8 06 01 00 600.
9 07 01 00 700.
10 08 01 00 800.
11 09 01 00 900.
12 10 01 00 1000.
13 11 01 00 1100.
14 12 01 00 1200.
15 FIMSTR
16 999999
17 (
18 DSTR MD02
    
```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

19 (id) (Nome da serie ) ( a ) ( b ) f
20 20 Teste_serie_20 10 2
21 (YYY MM DD HH ( valor )
22 2021 01 01 00 11.00
23 2021 06 01 00 12.00
24 2021 12 02 11 20.00
25 FIMSTR
26 999999
27 (
28 DSTR MD03
29 (id) (Nome da serie ) ( b )
30 31 Teste_serie_31 1e13 f=b, pra qualquer que seja t
31 32 Teste_serie_32 2
32 33 Teste_serie_33 3
33 999999
34 (
35 DSTR MD04
36 (id) (Nome da serie ) id2 ( a ) ( b ) f
37 40 FUNIL-GRANDE 4
38 41 ITAIPU 66
39 42 EMBORCACAO 24
40 999999

```

**Ver também:**

Para maiores informações sobre séries temporais disponíveis nesta versão do *Anatem*, consulte a seção [Séries Temporais](#).

## 45.61 DTDU

### 45.61.1 Função

Dados de topologia de controladores definidos pelo usuário. Leitura de dados de modelo de topologia de controlador definido pelo usuário (*CDU*). As topologias de *CDU* são definidas exatamente da mesma maneira que os *CDU*'s definidos via código *DCDU*, com todos os campos preenchidos de forma equivalente. Para a utilização das topologias de *CDU*, é necessário associá-las a *CDU*'s por meio do código *ACDU*.

**Atenção:** Não é permitido o uso do código *DTDU* sob a *Unidade Lógica #3*.

### 45.61.2 Utilização

O código *DTDU* é utilizado em conjunto com o código *ACDU*, através do qual as topologias definidas são associadas à números representando os *CDU*'s e, por meio destes, aos equipamentos no sistema.

<b>ntop</b>	Número de identificação da Topologia de <i>CDU</i> .
<b>nome topo</b>	Identificação alfanumérica da Topologia de <i>CDU</i> .

### 45.61.3 Opções de execução disponíveis

- *WARN*

### 45.61.4 Exemplo

Listagem 45.58: Exemplo da aplicação do código DTDU

```

1  (=====
2  ( DEFINIÇÃO DE TOPOLOGIAS A SEREM ASSOCIADAS A DIFERENTES USINAS
3  (=====
4  DTDU
5  (ntop) ( nome topo)
6     100 CDU_USINA_01
7  ( ...
8  ( DEFINIÇÃO DO CDU REPRESENTANDO O CONTROLE DA USINA 02
9  ( ...
10 FIMCDU
11 999999
12 (
13 (=====
14 ( ASSOCIAÇÃO DAS TOPOLOGIAS AOS CDUS PARA POSTERIOR ASSOCIAÇÃO ÀS USINAS
15 (=====
16 ACDU
17 (ncdu) (ntop) ( nome cdu )
18     110     100 CDU_USINA_01
19 ( ...
20 ( ALTERAÇÃO DOS PARÂMETROS DA TOPOLOGIA 100, CASO NECESSÁRIO, VIA COMANDO DEFPAR
21 ( ...
22 FIMCDU
23 (ncdu) (ntop) ( nome cdu )
24     120     100 CDU_USINA_02
25 ( ...
26 ( ALTERAÇÃO DOS PARÂMETROS DA TOPOLOGIA 100, CASO NECESSÁRIO, VIA COMANDO DEFPAR
27 ( ...
28 FIMCDU
29 999999

```

#### Ver também:

Para maiores detalhes a respeito da associação das topologias aos equipamentos, consultar [ACDU](#).

Para maiores detalhes sobre os tipos de blocos utilizados para a elaboração das malhas de controle definidas pelo usuário, consultar a seção [CDU](#).

Consulte também as entradas [Topologia de CDUs](#) e [Tutorial sobre Topologia de CDU](#).

## 45.62 DTMQ

### 45.62.1 Função

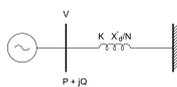
Dados referentes ao teste automático de reguladores de máquinas. Leitura de dados referentes ao teste automático de reguladores de máquinas. Os testes automáticos de reguladores de máquinas têm como objetivo facilitar a verificação, aferição e ajustes dos mesmos por parte do usuário. Para estes ajustes são realizados em geral testes correspondentes a aplicação de degrau nos sinais de referência dos reguladores de tensão e velocidade. As facilidades incorporadas ao programa permitem realizar automaticamente para os grupos de máquinas selecionados os seguintes tipos de teste:

#### Teste em reguladores de tensão com máquina em vazio



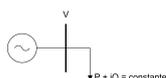
Para este teste, os grupos de máquinas são resolvidos de forma independente considerando para inicialização a tensão terminal igual a do fluxo de potência original e despacho igual a zero. Neste caso os reguladores de velocidade são desabilitados. São geradas automaticamente saídas para os sinais *VTR* e *EFD* para cada grupo de máquinas selecionado.

#### Teste em reguladores de tensão com máquina em carga



Para este teste é considerada uma rede independente para cada grupo de máquina, constituída de uma reatância em série com uma fonte de tensão constante (barra infinita). O valor desta reatância corresponde ao valor de  $X'_d$  da máquina multiplicado por um fator  $K$  especificado e dividido pelo número de unidades do grupo. Na inicialização é considerada que a tensão terminal e o despacho de cada grupo são os mesmos do fluxo de potência original. A tensão da barra infinita é calculada para satisfazer estas condições. Neste caso os reguladores de velocidade são desabilitados. São geradas automaticamente saídas para os sinais *VTR* e *EFD* para cada grupo de máquinas selecionado.

#### Teste em reguladores de velocidade com máquina em carga



Para este teste é considerada uma rede independente para cada grupo de máquina alimentando uma carga do tipo potência constante. Na inicialização é considerada que a tensão terminal e o despacho de cada grupo são os mesmos do fluxo de potência original. Neste caso os reguladores de tensão e respectivos estabilizadores são desabilitados. São geradas automaticamente saídas para os sinais *FMAQ* e *PMEC* para cada grupo de máquinas selecionado.

## 45.62.2 Utilização

<i>Tempo</i>	Instante de ocorrência do evento, em segundos. Se for deixado em branco mantém o valor fornecido em execução anterior do código (inicialmente assume o valor 0.0).
<i>%</i>	Varição percentual (relativa ao valor em $t = 0$ ) do valor de referência em questão. Se for deixado em branco mantém o valor fornecido em execução anterior do código (inicialmente assume o valor 0.0).
<i>ABS</i>	Varição absoluta (relativa ao valor em $t = 0$ ) do valor de referência em questão. Se for deixado em branco mantém o valor fornecido em execução anterior do código (inicialmente assume o valor 0.0).
<i>T</i>	Tipo de teste a ser aplicado: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Teste em regulador de tensão com máquina em vazio</li> <li>2. Teste em regulador de tensão com máquina em carga</li> <li>3. Teste em regulador de velocidade com máquina em carga</li> </ol> Se for deixado em branco mantém o valor fornecido em execução anterior do código (inicialmente assume o valor 2).
<i>ftZ</i>	Fator de multiplicação. Para o teste <i>tipo 2</i> será considerada uma rede independente para cada grupo de máquina, constituída de uma reatância em série com uma fonte de tensão constante (barra infinita). O valor desta reatância corresponderá ao valor de $X'_d$ da máquina multiplicado por este fator e dividido pelo número de unidades do grupo. Se for deixado em branco mantém o valor fornecido em execução anterior do código (inicialmente assume o valor 1.0).
<i>Vcdu</i>	Nome da variável que identifica as referências onde serão aplicados os degraus para teste nos reguladores tipo <i>CDU</i> . Para os reguladores tipo predefinido este campo é irrelevante, pois as referências neste caso estão previamente definidas. Para os reguladores tipo <i>CDU</i> , se for deixado em branco mantém o nome fornecido em execução anterior do código (inicialmente assume o nome <i>VREF</i> para os testes <i>tipo 1</i> e <i>tipo 2</i> e o nome <i>WREF</i> para o teste <i>tipo 3</i> ).

**Aviso:** Deve ser fornecido um valor não nulo para um dos campos *%* ou *ABS*, senão o teste automático não poderá ser realizado.

### 45.62.3 Opções de execução disponíveis

- *CONT*
- *FILE*
- *IMPR*
- *80CO*

### 45.62.4 Exemplo

Listagem 45.59: Exemplo da aplicação do código *DTMQ*

```

1 (=====
2 ( DADOS PARA TESTE AUTOMATICO DOS REGULADORES DAS MAQUINAS
3 (=====
4 DTMQ
5 ( TESTE EM REGULADORES DE TENSAO COM MAQUINA EM VAZIO
6 ( Tempo) ( % ) (ABS ) T (ftZ) (Vcdu)
7     10.0    20      1   2.0
8 (
9 DTMQ
10 ( TESTE EM REGULADORES DE TENSAO COM MAQUINA EM VAZIO
11 ( Tempo) ( % ) (ABS ) T (ftZ) (Vcdu)
12     10.0    15      2   2.0
13 (
14 DTMQ
15 ( TESTE EM REGULADORES DE TENSAO COM MAQUINA EM VAZIO
16 ( Tempo) ( % ) (ABS ) T (ftZ) (Vcdu)
17     10.0    12      3   2.0

```

#### Ver também:

Para maiores informações sobre os controles definidos pelo usuário, consultar a seção *CDU*.

## 45.63 DVSI

### 45.63.1 Função

Leitura de dados de *conversores VSI*.

## 45.63.2 Utilização

<b>Nv</b>	Número de identificação do <i>conversor VSI</i> .
<b>De</b>	Para os conversores VSI em conexão <i>shunt</i> , corresponde à barra terminal. Para os conversores VSI em conexão série, corresponde à barra <i>DE</i> do <i>compensador série</i> definido no <i>Anarede</i> que será substituído pelo conversor VSI.
<b>Pa</b>	Para os conversores VSI em conexão <i>shunt</i> , este campo deverá ser deixado em branco. Para os conversores VSI em conexão série, corresponde à barra <i>PARA</i> do compensador série definido no <i>Anarede</i> que será substituído pelo conversor VSI.
<b>Nx</b>	Para os conversores VSI em conexão <i>shunt</i> , corresponde ao número do grupo de <i>compensador estático</i> definido no <i>Anarede</i> que será substituído pelo conversor VSI. Para os conversores VSI em conexão série, corresponde ao número do circuito paralelo relativo ao compensador série definido no <i>Anarede</i> que será substituído pelo conversor VSI. Neste caso, se não for preenchido, assume o valor 1.
<b>np</b>	Número de pontes conversoras em série no lado CA, que formam o conversor VSI.
<b>Cnvk</b>	Fator de forma $K_f$ para a tensão do conversor VSI.
<b>M</b>	Estratégia de chaveamento do conversor: <i>P</i> para modulação por largura de pulso ( <i>PWM</i> ) ou <i>N</i> para modulação não <i>PWM</i> . Se deixado em branco, assume-se modulação <i>PWM (P)</i> .
<b>Vb</b>	Tensão base CA nas barras terminais do conversor VSI, em <i>kV</i> .
<b>Rv</b>	Resistência do transformador para uma ponte conversora, em <i>pu</i> na base de uma unidade do transformador.
<b>Xv</b>	Reatância do transformador para uma ponte conversora, em <i>pu</i> na base de uma unidade do transformador.
<b>Vpt</b>	Tensão base do enrolamento primário de uma unidade do transformador do conversor, em <i>kV</i> . Para conversores em conexão série este campo é de preenchimento obrigatório. Para conversores em conexão <i>shunt</i> , caso se deixado em branco, assume-se o valor igual ao do campo <i>Vb</i> dividido pelo do campo <i>np</i> .
<b>Vst</b>	Tensão base do enrolamento secundário de uma unidade do transformador do conversor, em <i>kV</i> .
<b>St</b>	Potência base de uma unidade do transformador conversor, em <i>MW</i> .
<b>Tap</b>	Tap do transformador no lado secundário, em <i>pu</i> .
<b>Ne</b>	Número do equipamento FACTS VSI (definido no código <i>DEVS</i> ) ao qual pertence o conversor VSI.

**Aviso:** Caso a ordem das barras *DE* e *PARA* estiver revertida em relação à definida no *Anarede*, prevalecerá a ordem do *Anarede*.

**Nota:** Para o fator de forma *Cnvk* deve-se usar um dos seguintes valores:

- $K_f = \frac{\sqrt{6}}{\pi}$  → Se o controle do conversor VSI não usar modulação ou se usar modulação *PWM* senoidal com sobremodulação e linearização.
- $K_f = \frac{\sqrt{6}}{4}$  → Se o controle do conversor VSI usar modulação *PWM* senoidal sem sobremodulação (operação na faixa linear).

Este fator não foi fixado no programa para que, caso necessário, pudesse ser ajustado para considerar alguma outra topologia de conversor ou outra estratégia de controle não prevista.

**Aviso:** Recomenda-se não utilizar o campo *Rv*, por enquanto, uma vez que as perdas da resistência do transformador ainda não podem ser computadas corretamente na inicialização (necessita-se de modelo no fluxo de potência) e irão gerar um pequeno transitório inicial.

### 45.63.3 Opções de execução disponíveis

- *CONT*
- *FILE*
- *IMPR*
- *80CO*

### 45.63.4 Exemplo

Listagem 45.60: Exemplo da aplicação do código *DVSI*

```

1 (=====
2 ( DADOS DOS CONVERSORES FACTS VSI
3 (=====
4 DVSI
5 ( Kf = sqrt(6)/pi:
6 (Nv) ( De) ( Pa) Nx np ( Cnvk )M(Vb ) ( Rv)( Xv)(Vpt)(Vst)(St )(Tap) (Ne)
7 21 2 1 8 .779696801P 138. 10. 30. 80. 1. 11
8 ( Kf = sqrt(6)/4:
9 (Nv) ( De) ( Pa) Nx np ( Cnvk )M(Vb ) ( Rv)( Xv)(Vpt)(Vst)(St )(Tap) (Ne)
10 22 3 4 1 1 .612372436P 138. 10. 138. 13.8 80. 1. 12
11 999999

```

#### Ver também:

Para maiores informações sobre os conversores tipo fonte de tensão, consulte a seção *Equipamentos FACTS VSI*.

## 45.64 EAIF

### 45.64.1 Função

Executa a análise de interação entre fontes shunt controladas através do cálculo automático de *índices preditivos de desempenho* (propostos pelo Cigré no WG B4.41 - Technical Brochure 364 - “Systems with Multiple DC Infeed”) para as barras CA de conexão das fontes de geração modeladas via código *DFNT*.

**Nota:** Neste módulo de análise todas as barras CA que possuem geração modelada por *fonte shunt controlada* são automaticamente incluídas para cálculo de índices preditivos.

**Dica:** Barras CA que não possuem fonte shunt controlada modelada via código *DFNT* podem ser adicionada nesta análise por meio do código *DMIF*.

### 45.64.2 Índices calculados

A análise de interação entre *fontes shunt controladas*, realiza as seguintes adaptações no cálculo dos índices da análise multi-infeed tradicional.

#### Short-Circuit Ratio (SCR)

O *SCR* (*Short Circuit Ratio*) provê uma significativa informação quanto à robustez do sistema CA frente ao montante de potência injetada pela *fonte shunt controlada*. O índice é calculado como

$$SCR_i = \frac{SCC_i}{P_{fnt_i}}$$

onde  $SCC_i$  corresponde à potência de curto-circuito da barra de conexão da *fonte shunt controlada* (utilizando modelagem **PECO** como default) e  $P_{fnt_i}$  é o somatório da potência de todos os grupos de fontes shunt controladas conectadas à barra  $i$ .

**Multi-Infeed Interaction Factor (MIIF) - Opção YBUS desabilitada (Default)**

A extrapolação do conceito do *MIIF* (*Multi Infeed Interaction Factor*) para a análise da interação entre *fontes shunt controladas* se baseia na aplicação deste índice como um parâmetro de sensibilidade, obtido através de simulações, e que procura estimar a distância elétrica entre as barras CA das *fonte shunt controlada* envolvidas no cálculo. Este índice é calculado pela razão entre a variação de tensão terminal na barra da *j fonte shunt controlada*, quando aplica-se um afundamento de 1% na tensão da barra da *i fonte shunt controlada*. Este índice é calculado pela expressão

$$MIIF_{j,i} = \frac{\Delta V_j}{\Delta V_i}$$

A variação de 1% na tensão da barra da barra *i* é considerada para que a resposta do sistema permaneça na faixa linear de operação.

Este índice é calculado em relação a todas as barras *j* do sistema que também participam desta análise.

**Multi-Infeed Interaction Factor (MIIF) - Opção YBUS habilitada**

Com a opção *YBUS* habilitada, o *Multi-Infeed Interaction Factor* é calculado em função das impedância da rede elétrica, desprezando os efeitos não lineares da rede e a ação dos sistemas de controle, considerando a rede elétrica formada apenas por impedância lineares.

Este índice é calculado pela expressão abaixo

$$MIIF_{j,i} = \frac{Z_{ij}}{Z_{ii}}$$

**Potencial de Interação (PI)**

O Potencial de Interação (*PI*) entre as barras CA das *fonte shunt controlada* pode ser estimado pela combinação da proximidade elétrica (medida pelo *MIIF*) e da relação das potências injetadas pelas fontes shunt controladas. Matematicamente, o potencial de interação é calculado como

$$PI_{j,i} = MIIF_{j,i} \frac{P_{fnt_j}}{P_{fnt_i}}$$

Por *default*, o índice  $MIIF_{j,i}$  considerado no cálculo do  $PI_{j,i}$  é obtido via simulações dinâmicas. No entanto, se a opção *YBUS* for habilitada, este índice será calculado utilizando os elementos da matriz de impedâncias da rede ( $Z_{barra}$ ).

**Multi-Infeed Interaction Short-Circuit Ratio (MISCR)**

O *MISCR* (*Multi Infeed Interaction SCR*) é definido em função do *MIIF* e das potências das *fontes shunt controladas* envolvidas, sendo calculado, para a *i-ésima fonte shunt controlada*, como

$$MISCR_i = \frac{SCC_i}{P_{fnt_i} + \sum_{j=1}^k (MIIF_{j,i} P_{fnt_j})}$$

onde *k* corresponde ao número de *fontes shunt controladas* no caso em análise,  $SCC_i$  é a potência de curto-circuito da barra de conexão da fonte (utilizando modelagem *PECO*),  $P_{fnt_j}$  é a potência da *j-ésima* fonte, em pu, e  $MIIF_{j,i}$  é o parâmetro de sensibilidade que procura estimar a distância elétrica entre as fontes envolvidas no cálculo.

**Multi-Infeed Short Circuit Ratio (MSCR)**

O *MSCR* (*Multi Infeed Short Circuit Ratio*) é baseado nos elementos da matriz de impedâncias de barra do sistema ( $Z_{barra}$ ) e também pode ser utilizado para avaliar o impacto da interação entre as fontes shunt controladas existentes, sendo calculado, para a *i-ésima fonte shunt controlada*, como

$$MSCR_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^k (P_{fnt_j} Z_{i,j})}$$

onde *k* corresponde ao número de *fontes shunt controladas*,  $P_{fnt_j}$  é a potência da *j-ésima* fonte, em pu, e  $Z_{i,j}$  é o elemento da posição (*i, j*) da matriz de impedâncias de barra  $Z_{barra}$  no sistema.

Verifica-se que, no caso onde apenas uma *fonte shunt controlada* está presente, o valor de *MSCR* coincide com o valor do *SCR* convencional. Os produtos  $P_{fnt_j} Z_{i,j}$  do somatório do denominador das equações do *MSCR* são denominados fatores de participação e podem ser utilizados como uma medida da influência da *j-ésima* fonte na relação de curto circuito das *i-ésimas* fontes próximos.

Através deste código de execução é realizado o cálculo dos índices mencionados para todas as barras com fontes shunt controladas (definidas via *DFNT*), além do cálculo do *MIIF* para barras especificadas através do código *DMIF*.

**Aviso:** Para efeito do cálculo dos índices multi-infeed, utiliza-se a modelagem *PECO*, na qual são desconsiderados os seguintes elementos para a montagem da matriz  $Z_{barra}$ :

- Parcela Z da carga dos barramentos;
- Geração não modelada;
- Elementos *shunt*;
- Motores de Indução;
- Fontes *shunt* controladas;
- Taps e defasamento de transformadores;
- *Line charging*;
- Todos os demais elementos com ligação para terra na sequência positiva, exceto máquinas síncronas modeladas;

### 45.64.3 Resultados

Os índices calculados são apresentados no relatório de saída do *Anatem*, conforme o exemplo a seguir:

```

X-----X
MULTI INFEEED INTERACTION FACTOR APLICADO ÀS FONTES SHUNTS CONTROLADAS (dv)
X-----X
| Interação Baixa | MIIF < 0.15 |
| Interação Moderada | 0.15 < MIIF < 0.40 |
| Interação Alta | 0.40 < MIIF |
X-----X
X-----X
Aplicação | Barras de Medição do Afundamento
X-----X
Nome da Barra | CDVENTEOL024 | TACARAEOL034 | CRISTAEOL020 | ARACASEOL100 | RENOV2EOL070 | PELOUREOL025
CDVENTEOL024 | 1.000000 | 0.005029 | 0.012555 | 0.037927 | 0.040196 | 0.034511
TACARAEOL034 | 0.008826 | 1.000000 | 0.011494 | 0.008325 | 0.008839 | 0.008138
CRISTAEOL020 | 0.016001 | 0.008385 | 1.000000 | 0.015076 | 0.015985 | 0.014711
ARACASEOL100 | 0.100660 | 0.012598 | 0.031408 | 1.000000 | 0.100468 | 0.086271
RENOV2EOL070 | 0.088423 | 0.010983 | 0.027500 | 0.083324 | 1.000000 | 0.075810
PELOUREOL025 | 0.032552 | 0.004416 | 0.010937 | 0.030638 | 0.032443 | 1.000000
X-----X
X-----X
MULTI INFEEED DE FONTES SHUNTS CONTROLADAS - ÍNDICES CALCULADOS
X-----X
Nome da Barra | Pdc[MW] | Scc[MVA] | SCR | MSCR | MISCR | Reator[MVar]
CDVENTEOL024 | 25.90 | 231.94 | 8.9553 | 1.9060 | 2.3769 | -2.8816
TACARAEOL034 | 36.70 | 428.35 | 11.6716 | 2.9965 | 3.0337 | -5.0969
CRISTAEOL020 | 21.10 | 280.84 | 13.3100 | 2.2507 | 2.4091 | -3.6496
ARACASEOL100 | 77.10 | 515.17 | 6.6818 | 1.9640 | 2.1880 | -7.6530
RENOV2EOL070 | 54.00 | 458.84 | 8.4971 | 2.0672 | 2.3652 | -6.3684
PELOUREOL025 | 19.30 | 203.36 | 10.5366 | 1.9773 | 2.5057 | -2.7106
X-----X

```

Também há possibilidade de exportar estes resultados no formato *.CSV*, por meio da associação de arquivo de tipo *MIIF* no código *DARQ*.

### 45.64.4 Opções de execução aplicáveis

- *YBUS*
- *PECO*
- *LGCY*
- *WARN*

## 45.64.5 Exemplo

Listagem 45.61: Exemplo da aplicação do código EAIF

```

1 (=====
2 ( DADOS DE ASSOCIAÇÃO DE ARQUIVOS DE ENTRADA E SAÍDA
3 (=====
4 DARQ
5 (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
6 ( Arquivos de saída com nome automático
7 OUT      .\
8 LOG      .\
9 PLT      .\
10 MIIF     .\INDICES_INTERACAO_DFNT.CSV
11 ( Arquivos de entrada
12 SAV      2 exemplo.sav
13 BLT      exemplo.blr
14 CDU      exemplo.cdu
15 999999
16 (=====
17 ( DADOS DE FONTES SHUNT CONTROLADA
18 (=====
19 DFNT
20 ( Nb)   Gr T (FP%) (FQ%) Und ( Mc )u (R ou G) (X ou B) (Sbas)
21 10    10 I 100 100 5 101U 1.2 4.0
22 20    10 I 100 100 2 201U 1.9 3.0
23 21    10 I 100 100 12 202U 1.9 3.0
24 999999
25 (
26 (=====
27 ( CONJUNTO DE BARRAS PARA O CALCULO DOS INDICES MIIF
28 (=====
29 DMIF
30 ( Nb )
31 85
32 3010
33 9605
34 7057
35 999999
36 (
37 (=====
38 ( EXECUCAO DA ANALISE DE INTERAÇÃO ENTRE FONTES SHUNT CONTROLADAS
39 (=====
40 EAIF
41 (
42 FIM

```

**Ver também:**

Consulte a seção sobre *Fonte Shunt Controlável por CDU* para maiores informações a respeito da definição e associação de fontes shunt controladas por *Controladores Definidos pelo Usuário* às barras de geração definidas no programa *Anarede*.

## 45.65 EAMI

### 45.65.1 Função

Executa a análise de Multi-Infeed através do cálculo de índices preditivos de desempenho para operação de múltiplos *conversores CCAT*. Os índices calculados são apresentados no relatório de saída do *Anatem*, e também podem ser exportados no formato *.CSV*, por meio da associação de arquivo de tipo *MIIF* no código *DARQ*.

Para se inferir o desempenho de *elo CCAT* é realizado o cálculo das potências de curto-circuito e de índices preditivos de desempenho. O cálculo de um simples índice para um *elo CCAT* em operação isolada, o *SCR* (*Short Circuit Ratio*), provê uma significativa informação quanto à robustez do sistema CA frente ao montante de potência injetada pelo tronco CC e conseqüentemente, uma boa sensibilidade quanto à gama de problemas que se pode esperar quando de perturbações no sistema como um todo.

Uma questão que sempre foi levantada é a eficácia da aplicação do índice *SCR*, como originalmente concebido, a sistemas com múltiplas alimentações CC, principalmente porque ele não incorpora o potencial de interação entre os conversores, quando próximos. O problema foi inicialmente abordado em um trabalho conjunto do EPRI, CEPREL e a University of Wisconsin, e posteriormente o WG B4-41 da Cigré propôs um novo índice, denominado *MISCR* (*Multi-Infeed Interaction Short Circuit Ratio*), que procura considerar o mencionado efeito. Outro índice, denominado *MSCR* (*Multi Infeed Short Circuit Ratio*) baseado nos elementos da matriz de impedâncias de barra do sistema ( $Z_{barra}$ ) também foi proposto na literatura técnica.

Através deste código de execução é realizado o cálculo dos índices mencionados para todos as barras com inversores dos *elo CCAT* do sistema, além do cálculo do *MIIF* para barras especificadas através do código *DMIF*.

**Aviso:** Para efeito do cálculo dos índices multi-infeed, utiliza-se a modelagem **PECO**, na qual são desconsiderados os seguintes elementos para a montagem da matriz  $Z_{barra}$ :

- Parcela Z da carga dos barramentos;
- Geração não modelada;
- Elementos *shunt*;
- Motores de Indução;
- Fontes *shunt* controladas;
- Taps e defasamento de transformadores;
- *Line charging*;
- Todos os demais elementos com ligação para terra na sequência positiva, exceto máquinas síncronas modeladas;

### 45.65.2 Índices calculados

#### SCR *Short-Circuit Ratio*

O *SCR* (*Short Circuit Ratio*) provê uma significativa informação quanto à robustez do sistema CA frente ao montante de potência injetada pelo tronco CC e conseqüentemente, uma boa sensibilidade quanto à gama de problemas que se pode esperar quando de perturbações no sistema como um todo. O índice é calculado como

$$SCR_i = \frac{S_{CC_i}}{P_{dc_i}}$$

onde  $S_{CC_i}$  corresponde à potência de curto-circuito da barra de conexão do *conversores CCAT* (utilizando modelagem **PECO**) e  $P_{dc_i}$  à potência do conversor.

Uma questão que sempre foi levantada é a eficácia da aplicação deste índice, como originalmente concebido, a sistemas com múltiplas alimentações CC (*elo CCAT* em operação conjunta), principalmente porque ele não incorpora o potencial de interação entre os conversores, quando próximos.

#### MIIF *Multi-Infeed Interaction Factor*

O *MIIF* (*Multi Infeed Interaction Factor*) é um parâmetro de sensibilidade obtido através de simulações, e que procura estimar a distância elétrica entre os *elos CCAT* envolvidos no cálculo, através da influência de uma variação de tensão na barra inversora do *i-ésimo elo CCAT* e seu impacto na tensão da barra inversora do *j-ésimo elo CCAT*, sendo definido como

$$MIIF_{j,i} = \frac{\Delta V_j}{\Delta V_i}$$

onde o índice  $j$  representa todos os *elos CCAT* eletricamente próximos do  $i$ -ésimo *elo CCAT*,  $\Delta V_i$  e  $\Delta V_j$  são as variações de tensão observadas na  $i$ -ésima e  $j$ -ésima barras inversoras quando do chaveamento de um reator na  $i$ -ésima barra, com  $\Delta V_i$  próximo de 1% para que a resposta do sistema esteja na região da operação linear.

#### PI Potencial de Interação

O Potencial de Interação (*PI*) entre os *elos CCAT* pode ser estimado pela combinação da proximidade elétrica e da relação das potências injetadas pelos elos. Em outras palavras, se o acoplamento  $MIIF_{j,i}$  é elevado, e se  $P_{dc_j}$  representa um elo de pequena dimensão, sua influência sobre o elo  $P_{dc_i}$  será pequena. Entretanto, se  $P_{dc_j}$  é alto, sua influência sobre  $P_{dc_i}$  poderá ser apreciável mesmo se  $MIIF_{j,i}$  for pequeno. Matematicamente, o potencial de interação é calculado como

$$PI_{j,i} = MIIF_{j,i} \frac{P_{dc_j}}{P_{dc_i}}$$

#### MISCR Multi-Infeed Interaction Short-Circuit Ratio

O *MISCR* (*Multi Infeed Interaction SCR*) é definido em função do *MIIF* e das potências dos elos envolvidos, sendo calculado, para o  $i$ -ésimo *conversor CCAT*, como

$$MISCR_i = \frac{S_{CC_i}}{P_{dc_i} + \sum_{j=1}^k (MIIF_{j,i} P_{dc_j})}$$

onde  $k$  corresponde ao número de *elos CCAT*,  $S_{CC_i}$  é a potência de curto-circuito da barra de conexão do conversor (utilizando modelagem **PECO**),  $P_{dc_j}$  é a potência do  $j$ -ésimo conversor, em *pu*, e  $MIIF_{j,i}$  é o parâmetro de sensibilidade que procura estimar a distância elétrica entre os elos envolvidos no cálculo.

#### MSCR Multi-Infeed Short Circuit Ratio

O *MSCR* (*Multi Infeed Short Circuit Ratio*) é baseado nos elementos da matriz de impedâncias de barra do sistema ( $Z_{barra}$ ) e também pode ser utilizado para avaliar o impacto da interação entre as instalações conversoras existentes, sendo calculado, para o  $i$ -ésimo *conversor CCAT*, como

$$MSCR_i = \frac{1}{\sum_{j=1}^k (P_{dc_j} Z_{i,j})}$$

onde  $k$  corresponde ao número de *elos CCAT*,  $P_{dc_j}$  é a potência do  $j$ -ésimo conversor, em *pu*, e  $Z_{i,j}$  é o elemento da posição  $(i, j)$  da matriz de impedâncias de barra  $Z_{barra}$  no sistema.

Verifica-se que, no caso onde apenas um *elo CCAT* está presente, o valor de *MSCR* coincide com o valor do *SCR* convencional. Os produtos  $P_{dc_j} Z_{i,j}$  do somatório do denominador das equações do *MSCR* são denominados fatores de participação e podem ser utilizados como uma medida da influência do  $j$ -ésimo elo na relação de curto circuito dos  $i$ -ésimos elos próximos.

### 45.65.3 Opções de execução aplicáveis

- *PECO*
- *WARN*
- *LGCY*

### 45.65.4 Exemplo

Listagem 45.62: Exemplo da aplicação do código EAMI

```

1 (=====
2 ( CONJUNTO DE BARRAS PARA O CALCULO DOS INDICES MIIF
3 (=====
4 DMIF
5 ( Nb )
6 11000
7 12000
8 56000

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

```

9  900
10 806
11 999999
12 (
13 (=====
14 ( EXECUCAO DA ANALISE MULTI-INFEED
15 (=====
16 EAMI
17 (
18 FIM

```

**Ver também:**

Consulte a seção sobre *Elos de Corrente Contínua LCC* para maiores informações a respeito dos modelos de conversores, elos de corrente contínua e circuitos CC disponíveis nesta versão do *Anatem*.

## 45.66 ETMQ

### 45.66.1 Função

Executa simultaneamente a simulação do teste automático de reguladores para as máquinas selecionadas pelo código *DLMQ*, de acordo com o código *DTMQ*.

### 45.66.2 Opções de execução aplicáveis

- *DESV*
- *INIC*
- *IRMX*
- *RCVP*
- *RCVT*
- *ROPG*
- *WARN*

**Aviso:** O usuário deve tomar cuidado com a opção de relatório *ROPG* usada juntamente com o código *ETMQ*, para não gerar arquivos de saída ou listagens muito grandes (ver código *DSIM* para controle da frequência de impressão de relatórios).

**Dica:** As opções *RCVP* e *RCVT* só devem ser usadas em casos específicos com algum problema de convergência e assim mesmo somente a partir do instante de tempo onde ocorreu o problema. A sua utilização durante toda a simulação gera uma quantidade muito grande de relatório, cuja saída em disco ou na tela aumenta significativamente o tempo de execução.

## 45.66.3 Exemplo

Listagem 45.63: Exemplo da aplicação do código ETMQ

```

1 (=====
2 ( BARRAS TERMINAIS DOS GRUPOS DE MAQUINAS A SEREM TESTADOS
3 (=====
4 DLMQ
5 (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no) C (tp) ( no)
6 TENS      1 A TENS      4
7 999999
8 (
9 (=====
10 ( BARRAS TERMINAIS DOS GRUPOS DE MAQUINAS A SEREM TESTADOS
11 (=====
12 DTMQ
13 ( Tempo) ( % ) (ABS ) T (ftZ) (Vcdu)
14      50.0      12      1      2.0
15 (
16 (=====
17 ( EXECUCAO DE TESTE AUTOMATICO DE REGULADORES
18 (=====
19 ETMQ
20 (
21 FIM

```

**Aviso:** Dados de plotagem e eventos (vercódigos *DPLT* e *DEVT*) que por ventura tenham sido fornecidos anteriormente ao código *ETMQ* são ignorados e gerados automaticamente de acordo com o código *DLMQ* (para teste automático com reguladores de tensão e sistemas de excitação são gerados os valores de tensão de campo e tensão terminal; para teste automático com reguladores de velocidade e turbinas são gerados os valores de potência mecânica e velocidade angular).

### Ver também:

Para maiores informações, consulte os códigos *DTMQ* e *DLMQ*, relacionados ao teste automático de reguladores de máquinas.

## 45.67 EXSI

### 45.67.1 Função

Executa a simulação do caso de estabilidade.

### 45.67.2 Opções de execução aplicáveis

- *CCCO*
- *CILH*
- *DLCA*
- *DLCC*
- *DNWT*
- *ECHO*
- *FLX2*
- *FLXT*
- *FREQ*
- *IEPS*
- *ILHA*
- *INIC*
- *IRMX*
- *LGCY*
- *NEWT*
- *OTM1*
- *OTM2*
- *OTM3*
- *OTM4*
- *OTM5*
- *OTMX*
- *RCAR*
- *RCSC*
- *RCVP*
- *RCVT*
- *RGER*
- *RLDC*
- *RMOT*
- *ROPG*
- *RSEG*
- *SADD*
- *SAD2*
- *SAD3*
- *TELE*
- *TMEC*
- *WARN*

**Aviso:** O usuário deve tomar cuidado com as opções de relatório (*RCAR*, *RCSC*, *RGER*, *RLDC*, *RMOT* e *ROPG*) usadas juntamente com o código *EXSI*, para não gerar arquivos de saída ou listagens muito grandes (ver código *DSIM* para controle da frequência de impressão).

**Dica:** As opções *RCVP* e *RCVT* só devem ser usadas em casos específicos com algum problema de convergência e assim mesmo somente a partir do instante de tempo onde ocorreu o problema. A sua utilização durante toda a simulação gera uma quantidade muito grande de relatório, cuja saída em disco ou na tela aumenta significativamente o tempo de execução.

### 45.67.3 Exemplo

Listagem 45.64: Exemplo da aplicação do código EXSI

```

1 (=====
2 ( DADOS DE SIMULACAO
3 (=====
4 DSIM
5 ( Tmax ) (Stp) ( P ) ( I ) ( F )
6     50.   .003   5
7 (
8 (=====
9 ( EXECUCAO DA SIMULACAO
10 (=====
11 EXSI DLCA DLCC
12 (
13 FIM

```

## 45.68 FIM

### 45.68.1 Função

Término da simulação. Quando fornecido ao final do arquivo lido pela unidade lógica #1 ou pela unidade lógica #3 sinaliza o final dos dados do respectivo arquivo.

### 45.68.2 Exemplo

Listagem 45.65: Exemplo da aplicação do código *FIM*

```

1 (=====
2 ( FIM DA SIMULACAO
3 (=====
4 FIM

```

## 45.69 RELA

### 45.69.1 Função

Emissão de relatórios de saída e/ou monitoração do estado corrente do sistema de acordo com as opções de controle de execução ativadas.

### 45.69.2 Utilização

Caso a opção *CONV* seja ativada, o preenchimento do código *RELA* obedece à seguinte régua:

( )	Números das barras ou quaisquer subconjuntos de cadeias de até 12 caracteres relativos à identificação alfanumérica das barras, separados por pelo menos um caractere branco.
-----	---

**Nota:** Os relatórios selecionados com as opções *RBLI*, *RCDU*, *RLOG*, *RMXG*, *RMXU* e *ROPG* só podem ser obtidos após a inicialização da simulação, portanto é necessário primeiramente executar o comando *EXSI INIC* (somente inicialização) ou *EXSI* (inicialização e execução de simulação). No caso da opção *ROPG*, se os relatórios forem referentes a teste automático de reguladores é necessário primeiramente executar o comando *ETMQ INIC* (somente inicialização) ou *ETMQ* (inicialização e execução de simulação).

O tipo do relatório a ser emitido pelo *Anatem* deve ser selecionado através das opções de controle de execução correspondentes, sendo:

Relatórios de Ilhamento do Sistema Opções *RILH*, *ILHA*

Relatórios de Barras CA Opções *RBAR*, *RGER*, *ROPG*

Relatório de Barras Contendo Máquinas de Indução Opção *RMOT*

Relatório de Circuitos CA Opção *RLIN*

Relatório de Cargas Variáveis com a Tensão Opção *RCAR*

Relatórios de Esquemas Regionais de Alívio de Carga (ERAC) Opções *RERA*, *RBER*

Relatório de Compensadores Série Controláveis Opção *RCSC*

Relatório de Elementos da Rede CC Opção *RLDC*

Relatórios de Dados de Mudança Automática de Cenário de Carga Opções *RCEN*, *RBCN*

Relatórios de Controladores Definidos pelo Usuário Opções *RCDU*, *RBLI*

Relatórios de Constantes de Simulação e Configurações do \*Anatem\* Opções *RCTE*, *RDIM*

Relatório de Opções de Controle de Execução Ativadas Opção *ROPC*

Relatório de Eventos Simulados Opção *RLOG*

Relatórios de Variáveis de Simulação Opções *RMXG*, *RMXU*

Relatório de Avaliação de Segurança Dinâmica Opção *RSEG*

Relatório de Otimização de Simulação Opção *OTMX*

Relatórios de Parâmetros de Blocos *IMPORT* Opções *P2D2*, *P2D2 FULL*, *P2D2 NULL*, *P2D2 FULL NULL*

Relatório de Séries Temporais Opção *RSTR*

### 45.69.3 Opções de execução aplicáveis

- |               |               |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| • <i>80CO</i> | • <i>P2D2</i> | <i>NULL</i>   | • <i>RCEN</i> | • <i>RILH</i> | • <i>ROPC</i> |
| • <i>CONT</i> | • <i>P2D2</i> | • <i>RBAR</i> | • <i>RCMT</i> | • <i>RLDC</i> | • <i>ROPG</i> |
| • <i>CONV</i> | <i>FULL</i>   | • <i>RBCN</i> | • <i>RCSC</i> | • <i>RLIN</i> | • <i>RSEG</i> |
| • <i>ESTC</i> | • <i>P2D2</i> | • <i>RBER</i> | • <i>RCTE</i> | • <i>RLOG</i> | • <i>RSTR</i> |
| • <i>FILE</i> | <i>NULL</i>   | • <i>RBLI</i> | • <i>RDIM</i> | • <i>RMOT</i> | • <i>WARN</i> |
| • <i>ILHA</i> | • <i>P2D2</i> | • <i>RCAR</i> | • <i>RE2S</i> | • <i>RMXG</i> |               |
| • <i>IMPR</i> | <i>FULL</i>   | • <i>RCDU</i> | • <i>RGER</i> | • <i>RMXU</i> |               |

### 45.69.4 Exemplo

Listagem 45.66: Exemplo da aplicação do código RELA

```

1 (=====
2 ( RELATORIOS DE SAIDA
3 (=====
4 RELA CONV RBAR RLIN RGER RCDU
5 (      Identificacao das Barras      )
6 01 Barra2 Barra50 SOBRA-EOL345 FURNAS-MG138 55
7 CEAMI-EOL345 CEMIG-BH345 XINGU-PA138
8 999999

```

**Nota:** A régua ( *Identificacao das Barras* ), com comprimento de 50 caracteres, ainda não foi implementada na presente versão do *Anatem*.

## 45.70 SNAP

### 45.70.1 Função

Gravação/restabelecimento de *snapshot*, que nada mais é do que uma imagem da memória do programa, gerada durante a execução para certo instante de simulação. É possível portanto continuar a execução de um caso em outra sessão, bastando apenas restabelecer para a memória a imagem gravada em arquivo. Isto é útil em casos que exijam muito tempo de CPU: pode-se salvar snapshots em intervalos regulares de simulação para que no caso de perda de energia não seja necessário executar a simulação desde o início (basta carregar o último snapshot gerado).

## 45.70.2 Utilização

O arquivo snapshot deve ser associado à *Unidade Lógica #10 (TEM\$SNAP)* ou por meio do código *DARQ*. É importante ressaltar que um arquivo de snapshot só pode ser lido pela mesma versão do programa que a gerou. De acordo com a opção selecionada, as seguintes operações podem ser efetuadas:

- **Gravação** de arquivo de snapshot (opção *GRAV*) - grava em arquivo binário não formatado uma imagem da memória do programa, para possível continuação posterior.
- **Restabelecimento** de arquivo de snapshot (opção *REST*) - restabelece para a memória todas as informações contidas em um arquivo snapshot já gravado.

## 45.70.3 Opções de execução aplicáveis

- *GRAV*
- *REST*
- *WARN*

## 45.70.4 Exemplo

Listagem 45.67: Exemplo da aplicação do código SNAP

```

1  (=====
2  ( ASSOCIACAO DE ARQUIVO DE "SNAPSHOT"
3  (=====
4  ULOG
5  10
6  snapshot_01.sav
7  (
8  (=====
9  ( GRAVACAO DE "SNAPSHOT"
10 (=====
11 SNAP GRAV
12 (
13 (=====
14 ( RESTABELECIMENTO DE "SNAPSHOT"
15 (=====
16 SNAP REST
17 (
18 (=====
19 ( ASSOCIACAO DE ARQUIVO DE "SNAPSHOT" (PELO CODIGO DARQ)
20 (=====
21 DARQ
22 (Tipo) (C) ( Nome do Arquivo
23 SNP      snapshot_02.sav
24 999999

```

**Nota:** O exemplo mostra a gravação de um snapshot no arquivo *snapshot\_01.sav* e o seu posterior restabelecimento. O arquivo foi previamente associado à *Unidade Lógica #10*. O exemplo ainda apresenta a associação de um snapshot no arquivo *snapshot\_02.sav* através do código *DARQ*. Devido a natureza de leitura e gravação do snapshot, os comandos *SNAP GRAV* e *SNAP REST* são necessários de serem inseridos manualmente, independentemente da associação por *ULOG* ou por *DARQ*.

**Dica:** A equipe de desenvolvimento do *Anatem* recomenda fortemente o uso do código *DARQ* sempre que necessário.

**Ver também:**

Para maiores informações sobre as unidades lógicas disponíveis e sua utilização, consulte o código *DARQ*.

## 45.71 TIME

### 45.71.1 Função

Leitura de *timestamp* do código *TIME* e associação ao caso, substituindo a informação que porventura tenha sido salva no arquivo histórico pelo Anarede.

**Aviso:** O código *TIME* existe tanto no Anarede quanto no Anatem. A utilização deste código no Anatem substitui as informações previamente armazenadas.

### 45.71.2 Utilização

Ao contrário dos outros códigos de execução, o código *TIME* possui um único dado a ser informado, com múltiplas configurações de dado de entrada.

A tabela a seguir apresenta as diferentes configurações de entrada de dados permitida para o código *TIME*. As barras podem ser substituídas por hífen e a sigla UTC pode ser trocada por GMT.

Formato	Descrição
EPOCH	Número inteiro no formato EPOCH (número de segundos passados desde 1/1/1970 00:00, GMT +00:00)
YYYY/MM/DD hh:mm:ss UTC shh:mm	Formato completo. UTC pode ser substituído por GMT.
YYYY/MM/DD hh:mm UTC shh:mm	Formato sem informação de segundos. Nesse caso, <i>ss</i> é presumido como 00.
YYYY/MM/DD	Formato sem informação de horas e minutos. Nesse caso, <i>hh</i> é presumido como 12 e <i>mm</i> é presumido como 00. GMT é presumido como sendo o do relógio local do usuário.
YYYY/MM	Formato sem informação de dias. Nesse caso, <i>DD</i> é presumido como 1.

### 45.71.3 Opções de execução disponíveis

Não existem opções associadas ao código *TIME*.

### 45.71.4 Exemplo

Listagem 45.68: Exemplo da aplicação do código *TIME*

```

1 TIME
2 ( Formato EPOCH
3 1630587807
4 (
5 TIME
6 (YYY/MM/DD hh:mm UTC -HH:MM.
7 2021/09/16 12:00 UTC -03:00

```

**Ver também:**

Consulte a seção *Séries Temporais* para maiores informações.

## 45.72 TITU

### 45.72.1 Função

Leitura do título (identificação alfanumérica) do caso em estudo. Esta identificação é impressa pelo programa em todas as páginas dos relatórios de saída. Se este código de execução não for utilizado, o caso em estudo não terá identificação. Este código pode ser fornecido, sem restrições, durante qualquer fase de execução do programa, sendo a identificação antiga substituída pela nova.

---

**Nota:** Será considerado que o registro de dados imediatamente posterior ao do código *TITU* contém o título do caso, mesmo que ele comece pelo caractere “(”, ou seja, ele não será considerado como comentário e sim como o título.

---

---

**Dica:** O *Anatem* atribuirá o título do caso definido com o código de execução *TITU* aos arquivos de saída caso os nomes dos arquivos de saída *.out*, *.log* e *.plt* não sejam fornecidos pelo usuário no código *DARQ*.

---

### 45.72.2 Exemplo

Listagem 45.69: Exemplo da aplicação do código *TITU*

```
1 (=====
2 ( TITULO DO CASO
3 (=====
4 TITU
5 SISTEMA ELETRICO COM 4-BARRAS
6 (
```

## 45.73 ULOG

### 45.73.1 Função

Associação de unidades lógicas aos arquivos utilizados no programa *Anatem*. Esta funcionalidade do programa pode ser realizada de forma mais abrangente por meio do código *DARQ*.

### 45.73.2 Utilização

O número da unidade lógica correspondente ao arquivo a ser associado deve ser indicado na linha imediatamente abaixo do registro do código de execução *ULOG*, na primeira coluna. Se preenchida com o dígito 0 (zero), as associações das unidades lógicas aos respectivos arquivos não são alteradas e o controle de execução do programa retorna para o usuário. O nome do arquivo com a extensão deve ser indicado na linha imediatamente abaixo do número da unidade lógica.

#### ULOG 1

##### Unidade Lógica #1

Associação de arquivos de entrada com os Códigos, Opções de Controle de Execução e dados relativos ao

sistema elétrico em estudo. Também chamado de arquivo principal, normalmente com extensão .stb ou .stbx. Consulte *Arquivos de Entrada (Principal e Modelos)* para maiores informações.

## ULOG 2

### Unidade Lógica #2

Associação de arquivo ANAREDE de casos armazenados de fluxo de potência. Também chamado de arquivo savecase, normalmente com extensão .sav ou .his. Consulte *Arquivo Histórico ou Savecase* para maiores informações.

## ULOG 3

### Unidade Lógica #3

Associação de arquivos Arquivo de dados de modelos armazenados para estabilidade. Também chamado de arquivo modelos, normalmente com extensão .dat, .blt ou .cdu. Consulte *Arquivos de Entrada (Principal e Modelos)* para maiores informações.

## ULOG 4

### Unidade Lógica #4

Associação de arquivo de relatório se a opção de controle de execução FILE estiver ativada. Normalmente com a extensão .out. Consulte *Arquivo de Relatório* para maiores informações.

## ULOG 5

### Unidade Lógica #5

Terminal de vídeo. Esta unidade lógica não pode ser redirecionada.

## ULOG 6

### Unidade Lógica #6

Arquivo de impressão de relatórios no terminal de vídeo. Esta unidade lógica não pode ser redirecionada.

## ULOG 7

### Unidade Lógica #7

Arquivo de gravação dos Códigos, Opções e dados relativos ao sistema elétrico, no formato dos dados de entrada.

## ULOG 8

### Unidade Lógica #8

Associação de arquivo com dados para plotagem. Normalmente com a extensão .plt. Consulte *Arquivo de Plotagem de Sinais* para maiores informações.

## ULOG 9

### Unidade Lógica #9

Associação de arquivo com mensagem de eventos durante a simulação. Normalmente com a extensão .log. Consulte *Arquivo de Log de Mensagens* para maiores informações.

## ULOG 10

### Unidade Lógica #10

Associação de arquivo snapshot, contendo informação para rápido reestabelecimento de caso de estabilidade. Normalmente com a extensão .snp. Consulte *SNAP* para maiores informações.

## ULOG 11

### Unidade Lógica #11

Associação de arquivo com sinal externo para CDU. Normalmente com a extensão .plt. Consulte *Arquivo de Sinal Externo* para maiores informações.

---

**Dica:** A equipe de desenvolvimento do *Anatem* recomenda fortemente, sempre que possível, utilizar o código *DARQ*, disponível a partir da versão 11.01.00 do programa.

---

---

**Dica:** O código ULOG é considerado obsoleto e não é contemplado por novos tipos de arquivos, disponíveis no código *DARQ*.

---

### 45.73.3 Exemplo

Listagem 45.70: Exemplo da aplicação do código *ULOG*

```
1 (=====
2 ( ASSOCIAÇÃO DE ARQUIVO PARA SAIDA DE RELATÓRIOS (opção FILE)
3 (=====
4 ULOG
5 4
6 nome_do_arquivo.out
```

**Ver também:**

Para maiores informações sobre a associação de arquivos de entrada e saída do *Anatem* consulte o código *DARQ*.

## Opções de Controle de Execução

```

009  ▣ DARQ
017  (=====
018  ( SELECIONAR MODO DE EXECUCAO DO PROGRAMA
019  (=====
020  ANWT
021  (=====
022  ( DADOS DE CDU
023  (=====
024  ▣ DCDU
065  (
066  ▣ DPLT
077  (
078  (=====
079  ( DADOS DE EVENTOS
080  (=====
081  ▣ DEVT IMPR
087  (=====
088  ( DADOS DE SIMULACAO
088  (=====

```

Códigos e Opções de Execução do Anatem

O controle de execução do programa é efetuado por meio de *Códigos de Execução* e de Opções de Controle de Execução. De acordo com estes códigos e as opções associadas, são selecionadas as funções do programa.

Opções de Controle de Execução são formadas por mneumônicos de 4 letras e são adicionados aos *Códigos de Execução* para modificá-los de alguma maneira. Mais de uma opção pode ser utilizada simultaneamente, desde que não exista conflito entre elas.

### 46.1 80CO

Especifica que os relatórios serão emitidos no formato 80 colunas. Se esta opção for ativada, os relatórios são impressos no formato 80 colunas, do contrário, os relatórios são impressos no formato 132 colunas.

#### 46.1.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

### 46.2 ANWT

Esta opção habilita a solução da rede CA utilizando o método de *Newton-Raphson* de forma adaptativa. Nesta formulação do método, a matriz Jacobiana só será atualizada quando é detectado pelo programa uma dificuldade na obtenção da convergência da rede, ignorando o parâmetro da frequência de passos especificada no código *DSIM* e que é utilizada pelo método *DNWT*.

#### Ver também:

Para maiores informações, consulte a seção *Opções para Melhoria de Desempenho*.

## 46.2.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.3 ASYN

Especifica o arquivo de plotagem (ou arquivo de plotagem de variáveis de *CDU*) deve ser escrito de forma assíncrona. Esta opção permite observar ganho de desempenho quando muitas variáveis de plotagem são escritas no arquivo de plotagem.

---

**Nota:** Para maiores informações a respeito dos arquivos de plotagem e demais arquivos de entrada e saída de dados consulte o código *DARQ*.

---

## 46.3.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.4 BASE

Esta opção de execução permite ao usuário informar dados dinâmicos excedentes em relação ao seu correspondente estático, como modelos de geração em barras que não existem, sem causar um erro no programa. Esta opção é utilizada para se produzir um conjunto de dados dinâmicos capaz de se adequar a diferentes condições de fluxo de potência.

Tradicionalmente, para realizar uma simulação dinâmica no Anatem era necessário que todos os dados dinâmicos informados tivessem um correspondente estático no caso de fluxo de potência. Isso gerava situações em que mudanças no caso ou no ponto de operação requeriam que o banco de dados dinâmicos fosse alterado, impedindo, dessa forma, que a simulação dinâmica pudesse ser iniciada logo após a exportação do caso, sem a manipulação dos dados dinâmicos.

Os casos obtidos a partir da rede supervisionada pelo SAGE, os casos de fluxo de potência para os cenários da base de dados da EPE e os casos de fluxo de potência que utilizam a base de dados dinâmicos do ONS podem apresentar variações na topologia da rede em virtude dos múltiplos cenários possíveis de carga e geração. Assim, ocorrem situações em que máquinas, circuitos ou barras apresentam-se com estado operativo ligado ou desligado em função da configuração da rede elétrica.

Tendo em vista a simulação dinâmica destes casos em que a base de dados é mantida constante independente do caso do fluxo de potência, criou-se a opção de controle de execução *BASE* que ignora registros de associação de modelos e controles a equipamentos inexistentes no caso, viabilizando a utilização de um arquivo de associação de modelos completo independente do cenário ao qual o caso seja exportado.

Por meio do uso da opção *BASE*, as linhas do arquivo de estabilidade que fazem referência aos elementos inexistentes no caso são automaticamente ignoradas pelo *Anatem*, permitindo executar a simulação sem a manipulação prévia dos dados dinâmicos.

### 46.4.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DCER*
- *DCLI*
- *DCNV*
- *DCSC*
- *DELO*
- *DERA*
- *DFCM*
- *DFNT*
- *DFLA*
- *DMAQ*
- *DPLT*
- *DREL*

Alterado na versão 12.0: O recurso de utilização do número de unidades de gerador individualizado foi movido para a nova opção *DGEI*.

## 46.5 CCCO

Permite usar o processo de solução dos conversores com capacitor de comutação (CCC) sem o cálculo das sensibilidades, como era feito até a versão *Anatem* 10.04.06.

### 46.5.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.6 CDUN

Esta opção altera a forma de solução de controladores CDU para emular o comportamento de comunicação com CDU para o modelo adotado no CDU Compilado.

**Aviso:** Esta opção pode provocar incremento no número de iterações necessárias para a convergência dos modelos, mas não deve alterar o resultado final. Com esta opção, a interface do CDU será atualizada uma vez a cada solução rede CA - modelo CA. Sem esta opção, a interface de CDU é atualizada uma vez a cada solução modelo CA.

### 46.6.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

#### Ver também:

Confira a entrada *Métodos de Solução usados no Programa* para mais detalhes acerca do processo de solução do *Anatem*.

## 46.7 CILH

Possibilita a convergência de ilhas elétricas sem geração, transformando as mensagens de erro em avisos. Com o uso desta opção, pode haver uma descontinuidade das tensões das barras pertencentes a ilhas sem geração, pois a tensão inicial será a convergida pelo fluxo de potência em função da barra *swing*; no entanto, nos passos de integração seguintes, as tensões usualmente irão para zero, já que esta é a solução de uma rede passiva isolada sem geração (como a geração da barra *swing* não foi modelada, esta será convertida para uma impedância constante).

### 46.7.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.8 CONT

Especifica que os relatórios enviados ao terminal de vídeo serão emitidos de forma contínua e ininterrupta. Normalmente esses relatórios são emitidos com controle de número de linhas do vídeo (LCRT) para permitir a visualização pausada e a interrupção da impressão do relatório. Na execução em “batch” de vários arquivos em sequência a opção *CONT* deve estar ativa.

### 46.8.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.9 CONV

Ativa o modo conversacional de emissão de relatórios de saída, no formato 80 colunas. De acordo com o tipo de relatório de saída especificado, são selecionadas barras CA a serem impressas. A seleção de barras pode ser efetuada pelo número de identificação de cada barra ou por uma cadeia de até 12 caracteres. Todas as barras que contiverem em seu nome, em qualquer posição, a mesma cadeia de caracteres são selecionadas para impressão. Além disso é possível selecionar barras em uma faixa de numeração, fornecendo-se dois números de barras separados pelo caractere “:”. Entrando-se, por exemplo, com *nb1:nb2* (onde *nb1* e *nb2* são dois números de barras quaisquer) serão listadas todas as barras existentes no intervalo entre os dois números (incluindo as extremidades), do menor para o maior número. Portanto *10:20* ou *20:10* seleciona todas as barras existentes com numeração entre *10* e *20* (*10* e *20* inclusive). Se esta opção for ativada, os relatórios são impressos em modo conversacional, no formato 80 colunas, na *Unidade Lógica #4*.

---

**Nota:** O modo conversacional está disponível apenas para os relatórios de barras CA (código *RELA* com opção *RBAR*), de circuitos CA (código *RELA* com opção *RLIN*), de barras de geração (código *RELA* com opção *RGER*), de condições operativas das máquinas geradoras (código de execução *RELA* com opção *ROPG*), de cargas (código *RELA* com opção *RCAR*) e de barras de motor/gerador de indução (código *RELA* com opção *RMOT*).

---

### 46.9.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.10 DCNI

Esta opção permite habilitar o desligamento de equipamentos do sistema cujos modelos apresentem problemas de inicialização. Quando usada com o código *DMAQ*, habilita o desligamento dos modelos de gerador e/ou os respectivos reguladores nos quais ocorrerem problemas de inicialização. Quando usada com o código *DCER*, habilita o desligamento dos modelos de compensador estático e/ou o respectivo estabilizador nos quais ocorrerem problemas de inicialização. Quando utilizada com os códigos *DFNT* ou *DCNE*, habilita o desligamento dos modelos *CDU* nos quais ocorrerem problemas de inicialização.

### 46.10.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DCER*
- *DCNE*
- *DFNT*
- *DMAQ*

## 46.11 DESV

Ativa a plotagem de desvios das variáveis em relação aos valores iniciais ( $t = 0$ ).

### 46.11.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DPLT*
- *ETMQ*

## 46.12 DGEI

Esta opção de execução permite a utilização das informações de geradores individualizados do código *DGEI* do *Anarede*, dispensando por exemplo a utilização do *Anat0* para o ajuste do código *DMAQ*. Esta opção é aplicável para associação de máquinas síncronas (*DMAQ*) e para geradores com fonte *shunt* controlada (*DFNT*) como é o caso de geradores eólicos e fotovoltaicos, em sua maioria.

O Anatem, tradicionalmente, realiza a leitura do número de unidades em operação através do código *DMAQ*. O preenchimento do número de unidades e dos fatores de participação de potência ativa e reativa por grupo era uma atividade indispensável antes da simulação de um novo caso de estabilidade.

Usualmente, em casos de estudo, utiliza-se o critério de inércia mínima para definição do número de unidades de uma usina, o qual considera o menor número de unidades necessárias para atender ao despacho da usina equivalente no caso de fluxo de potência. O *Anat0* é uma ferramenta auxiliar que prepara o arquivo *DMAQ* usando o critério de inércia mínima e gera o caso base do *Anarede* com a reatância dos transformadores equivalentes corrigidas em função do número de unidades ligadas.

A utilização do código *DGEI* no *Anarede* permite que casos de fluxo de potência apresentem valores realísticos de unidades ligadas para as máquinas do sistema. Para casos exportados pelo SAGE, este número deverá corresponder ao observado pelo estimador. Para casos de planejamento (ONS e EPE), este número de unidades pode ser determinado através da funcionalidade de inércia mínima do *DGEI* (critério de inércia mínima para estudos de estabilidade); por outro lado, caso seja de interesse do usuário, é possível fixar o número de unidades desejado no caso do fluxo de potência para estudos específicos ou em condições não mínimas.

**Atenção:** A utilização do *DGEI* no *Anarede* dispensa a utilização do preparador *Anat0* para o estudo de estabilidade.

Dessa forma, ao ser habilitada a opção *DGEI* para os códigos *DMAQ* e *DFNT* (ou via código *DOPC*, abrangendo todos estes códigos simultaneamente), realiza-se a leitura do número de unidades de geradores do *DGEI* do *Anarede*.

No caso dos códigos *DMAQ* e *DFNT*, os fatores de participação de potência ativa e reativa por grupo de geradores passam a ser calculados automaticamente pelo programa, dispensando o seu preenchimento. É necessário, apenas, que a numeração da barra e do grupo de gerador do caso de fluxo de potência seja coincidente com aquela informada no *DMAQ*.

Através da opção *DGEI* do *Anatem*, existe a possibilidade de representar parte da geração de uma barra como impedância constante nos casos em que o somatório dos fatores de participação dos grupos de geradores não totalizar 100% da geração equivalente da barra. Tal representação não é possível através do método tradicional (sem a opção *DGEI*) de associação de modelos de máquinas.

### 46.12.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DMAQ*
- *DFNT*

### 46.13 DLCA

Opção de execução para solução de problemas de convergência na solução de modelos CA. Ao ser utilizada, habilita a inclusão automática de *Bloco DELAY* na saída da variável com maior erro no *CDU* não convergente.

A utilização desta opção implica num processo armazenamento do estado operativo do sistema a cada 100 ms de simulação e no armazenamento do vetor de plotagem em memória (não no arquivo diretamente). O conteúdo da memória do vetor de plotagem é escrito em arquivo quando um ponto de salvamento é alcançado com sucesso.

Na ocorrência de um problema de convergência CA, o *Anatem* retornará ao último ponto armazenado, incluindo desta vez a modificação na variável problemática e descartando a plotagem armazenada em memória para este trecho de simulação.

**Aviso:** Para casos problemáticos, onde é necessário a aplicação da comutação automática para o método de NEWT, é possível que o vetor de dados de plotagem consuma bastante memória RAM. Considere diminuir a frequência de plotagem ou a quantidade de variáveis plotadas para essas situações.

---

**Dica:** Utilize o recurso do arquivo *\*cache\* de DLCA* para ganho de desempenho e para evitar problemas com armazenamento de estruturas de plotagem em memória.

---

### 46.13.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

### 46.14 DLCC

Esta opção habilita a solução desacoplada entre os processos iterativos modelo CC e rede CC, pela inclusão de um atraso de um passo de integração no ângulo de disparo do controle a ser utilizado pelos conversores para solução da rede CC. Pode ser utilizada quando o pequeno erro entre o modelo CC e rede CC não permite a convergência conjunta entre os processos iterativos.

---

**Nota:** Para maiores informações, consulte as seções *Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho* e *Métodos de Solução usados no Programa* para verificar o efeito desta opção no fluxograma da metodologia de solução.

---

### 46.14.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.15 DNWT

Esta opção habilita a solução da rede CA utilizando o método de *Newton-Raphson*, sendo que a matriz Jacobiana só será atualizada no início do passo, na frequência de passos especificada no código *DSIM*.

---

**Nota:** Para maiores informações, consulte a seção *Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho*.

---

### 46.15.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.16 ECHO

Esta opção ecoa na tela do computador as mensagens relativas a ocorrências de eventos programados pelo usuário ou decorrentes de chaveamentos controlados por relés ou gerados automaticamente por alguns modelos (falhas de comutação, mudanças de *tap* de *OLTC*, etc.), independentemente da saída de impressão selecionada pelo usuário (tela ou *Unidade Lógica #4*). Caso a saída de impressão já seja a tela do computador esta opção fica sem efeito (as mensagens não serão duplicadas).

### 46.16.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.17 ESTC

Determina a impressão do relatório de estatística de convergência de CDUs. Esta opção pode ser utilizada em conjunto com o código *EXSI* quanto com o código *RELA*.

Quando utilizada junto do código *EXSI*, ao final do trecho de simulação, é impresso um relatório resumido, listando os 10 primeiros (piores) controladores observados naquela simulação em termos de soluções por passo necessárias.

Quando utilizada junto do código *RELA*, ao final do trecho de simulação, é impresso o relatório completo, com todos os CDUs da simulação.

O campo *Severidade* é um índice calculado em função da distância do campo “Soluções por passo” em relação a média de soluções por passos dos modelos. Cada asterísco representa um desvio padrão além do valor esperado ( $n = \left\lceil \frac{x - E[x]}{\sigma[x]} \right\rceil$ ).

---

**Nota:** O índice “Soluções por passo” não tem correlação direta com o índice “Média de soluções CA por passo” obtida no relatório regular do Anatem.

---

**Aviso:** Este relatório não deve ser utilizado para inferir o impacto do modelo sobre a rede. Ele apenas verifica a qualidade da convergência interna do modelo. É possível de um modelo ter boa convergência interna, mas ter em sua saída um sinal que alterna entre valores a cada step de simulação.

### 46.17.1 Exemplo

```

X-----X
|          RELATÓRIO DE ESTATÍSTICA DE CDU          |
|          (PIORES)                                |
|  Controlador          Soluções                    |
|  CDU      Nome do CDU      por passo      Severidade |
X-----X-----X-----X-----X
  90000    MODELO_CDU_0      53.1853      *****
  90001    MODELO_CDU_1      22.1859      *****
  90002    MODELO_CDU_2      22.1859      *****
  90003    MODELO_CDU_3      22.1558      *****
  90004    MODELO_CDU_4      22.1558      *****
  90005    MODELO_CDU_5      21.6042      *****
  90006    MODELO_CDU_6      20.5653      *****
  90007    MODELO_CDU_7      19.8302      *****
  90008    MODELO_CDU_8      18.1929      *****
  90009    MODELO_CDU_9      18.0191      *****

```

### 46.17.2 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*
- *RELA*

## 46.18 ESTS

Especifica que o relatório de tempo de simulação será detalhado. Ao final de cada comando *EXSI*, o Anatem imprimirá um relatório resumido do tempo computacional requerido para aquele trecho de simulação, bem como estatísticas relacionadas ao processo de convergência do programa. Com esta opção, este relatório é expandido, a contribuição de cada laço específico do programa.

**Aviso:** Pode existir um pequeno *overhead* no processo de aferição dos tempos, não sendo superior a alguns segundos. Não utilize esta opção para simulação de casos em lote, ou quando o desempenho é prioridade.

### 46.18.1 Exemplo

```

Tempo de CPU da simulação: 00:03:23.43
Média de soluções de rede CA por passo: 6.41
Média de soluções de modelo CA por passo: 11.35
Média de iterações modelos CA - rede CA por passo: 2.10
Média de iterações modelos CC - rede CC por passo: 4.56
Média de iterações CC - CA por passo: 1.01

Estatísticas acumuladas da simulação até t= 30.0000s
- Tempo total de simulação          | 00:03:23.42
| 0.19% Inicialização                | 00:00:00.37

```

(continua na próxima página)

(continuação da página anterior)

- 82.03% Laço modelo CA - rede CA	00:02:46.86
- 58.11% Modelos CA	00:01:58.21
17.49% Modelos de máquina síncrona	00:00:35.57
38.29% Eólicas, fotovoltaicas e CNE	00:01:17.88
-> 2.34% Outros modelos CA	00:00:04.75
-> 23.92% Rede CA	00:00:48.65
- 3.72% Laço modelo CC - rede CC	00:00:07.57
- 3.21% Modelos CC	00:00:06.53
0.05% Modelos de elo CC	00:00:00.09
-> 3.17% Modelos de conversores	00:00:06.44
-> 0.51% Rede CC	00:00:01.03
1.52% Controle de proteções (Relés+ERAC)	00:00:03.09
-> 12.54% Processamento de I/O	00:00:25.51

## 46.18.2 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.19 FILE

Especifica que os relatórios, no formato 80 ou 132 colunas dependendo da ativação ou não das opções *80CO* e *CONV*, serão emitidos na *Unidade Lógica #4*.

### 46.19.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.20 FLX2

Permite que as tolerâncias de convergência *TETE*, *TEMD* e *TABS* sejam flexibilizadas durante a simulação a cada *FFLX* passos de simulação, realizando um passo de simulação com as tolerâncias originais a cada ciclo. Com essa opção, as constantes passam a assumir valores dez vezes o superior àquelas definidas anteriormente. Esta opção permite que o Anatem consiga realizar mais rapidamente a simulação, com um pequeno erro controlado inserido na simulação.

---

**Nota:** Para maiores informações, consulte as seções *Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho*.

---

### 46.20.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.21 FLXT

Permite que as tolerâncias de convergência *TETE*, *TEMD* e *TABS* sejam flexibilizadas durante o período de tempo da comutação automática para Newton. Com essa opção, as constantes passam a assumir os valores originalmente pensados para o Anatem ( $TETE = 1e^{-2}$ ,  $TEMD = 1e^{-2}$  e  $TABS = 1e^{-5}$ ).

---

**Nota:** Para maiores informações, consulte consulte as seções *Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho*.

---

### 46.21.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.22 FREQ

Quando empregada com o código *EXSI*, na simulação de estabilidade, ativa a variação dos parâmetros dos elementos do sistema com a frequência. A frequência considerada nos cálculos é a média das frequências dos geradores da ilha elétrica em que se encontra o elemento do sistema, ponderada pelas inércias das máquinas geradoras. Quando houver ilhamento no sistema elétrico ou perda de máquinas geradoras, a frequência média da ilha elétrica pode sofrer descontinuidade, fato que deve ser considerado se esta frequência estiver sendo analisada. Caso haja transformadores com reatância negativa, correspondentes a ramos de circuitos equivalentes de transformadores de 3 enrolamentos, é necessário que se forneça no fluxo de potência o dado de tap para que o Anatem faça a distinção entre estes elementos e capacitores série, cuja correção com a frequência é diferente. Se o transformador não tiver tap, preencher o campo correspondente com o valor 1.0.

Quando empregada em conjunto com o código *ETMQ*, ativa a correção da impedância série usada entre a máquina e a barra infinita (ver código *DTMQ*), usando a frequência da máquina para esta correção.

---

**Nota:** Na versão atual do Anatem, não é feita correção com a frequência em cargas com modelo *ZIP* (parcelas de impedância, corrente e potência constante) nem em gerações, compensadores estáticos e motores de indução não modelados (que são convertidos para impedância constante). Convém observar que nos estudos do sistema brasileiro é usual representar a parcela de amortecimento devido às cargas por um termo de amortecimento acrescentado aos modelos de turbina das usinas geradoras.

---

### 46.22.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.23 GRAV

Executa a gravação de uma imagem da memória do programa em um arquivo “*snapshot*” previamente associado à *Unidade Lógica #10*. Este arquivo conterá todas as informações e dados (estáticos e dinâmicos) relativos ao sistema elétrico no instante de tempo de simulação correspondente à gravação, permitindo uma continuação posterior do caso a partir deste mesmo instante por meio do código *SNAP* com opção *REST*.

### 46.23.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *SNAP*

## 46.24 IEPS

Esta opção transforma em aviso a mensagem de erro de perda de sincronismo quando a abertura angular de determinada máquina ultrapassa o limite de 1000 graus.

### 46.24.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.25 IERR

Esta opção facilita o usuário quando, numa troca do caso histórico de fluxo de potência ou da base de dados de modelos, alguns elementos deixam de existir e, portanto, torna-se necessário eliminar ou comentar todos os registros de dados correspondentes para que o caso possa ser executado. Com a opção *IERR* as linhas do arquivo que fazem referência à elementos inexistentes no caso são automaticamente ignoradas permitindo executar rapidamente o caso sem maiores alterações nos dados. Serão, no entanto, emitidas mensagens de erro ignorado para cada elemento não encontrado ou inadequado ao caso. Erros relativos a preenchimento incorreto de campos dos registros de dados e valores inválidos de campos continuam a interromper a execução.

**Atenção:** Recomenda-se o uso desta opção com cautela, pois se torna impossível para o programa distinguir, por exemplo, se uma barra não existe devido à troca do caso de fluxo de potência ou se devido à digitação errada de dado pelo usuário. Pode ocorrer, então, que uma variável ou modelo potencialmente importante para a análise do caso seja ignorada, o que só será notado após a execução. Um cuidado especial deve ser tomado na execução automática de vários casos em sequência em modo “*batch*”, onde é importante que os dados tenham sido verificados previamente.

**Dica:** Recomenda-se a utilização desta opção no código *DPLT*, evitando que o programa pare caso alguma variável de plotagem não seja pertinente ao caso.

- |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|
| • <i>DCER</i> | • <i>DELO</i> | • <i>DFLA</i> |
| • <i>DCLI</i> | • <i>DERA</i> | • <i>DMAQ</i> |
| • <i>DCNV</i> | • <i>DFCM</i> | • <i>DPLT</i> |
| • <i>DCSC</i> | • <i>DFNT</i> | • <i>DREL</i> |

**Nota:** Quando utilizada com o código *DPLT*: o caso será executado, porém as referidas variáveis serão ignoradas. Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Variável de plotagem não encontrada*

Quando utilizada com o código *DFLA*: o caso será executado, porém os fluxos de intercâmbio de área que fazem referência aos circuitos em questão não serão calculados. Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Barra CA da extremidade DE não existe*

- *Barra CA da extremidade PARA não existe*
- *Circuito inexistente*
- *Extremidade não pertence ao circuito*

Quando utilizada com o código *DMAQ*: o caso será executado, porém os modelos de máquinas relativos a esta barra não serão associados. Se usada com este código de execução, faz com as seguintes **mensagens de erro** relativas a barras CA não encontradas ou não definidas como barra de geração no caso em questão sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Número de barra inexistente*
- *Barra não possui geração*

Quando utilizada com o código *DCER*: o caso será executado, porém o modelo do compensador estático será desconsiderado (não será associado). Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** relativas a barras CA não encontradas ou que não possuam compensador estático no caso em questão sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Número de barra inexistente*
- *Barra não possui compensador estático*
- *Grupo de compensador estático não existe*

Quando utilizada com o código *DCSC*: o caso será executado, porém o modelo do compensador série não será associado. Se usada com este código de execução faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Caso não possui compensador série*
- *Barra CA da extremidade DE não existe*
- *Barra CA da extremidade PARA não existe*
- *Circuito não tem compensador série*
- *Circuito inexistente*

Quando utilizada com o código *DCNV*: o caso será executado, porém a associação dos sistemas de controle do respectivo conversor será desconsiderada. Se usada com este código de execução, faz com que a seguinte **mensagem de erro** seja transformada em **mensagem de erro ignorado**:

- *Caso não possui conversor CA-CC*
- *Conversor inexistente*

Quando utilizada com o código *DFNT*: o caso será executado, porém o respectivo modelo de fonte *shunt* controlada será desconsiderado. Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Número de barra inexistente*
- *Barra não possui geração*

Quando utilizada com o código *DELO*: o caso será executado, porém não será realizada a associação do Elo CC ao seu respectivo modelo. Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Caso não possui elo CC*
- *Elo CC não existe*
- *Polo positivo do elo não existe*
- *Polo negativo do elo não existe*

Quando utilizada com o código *DCLI*: o caso será executado, porém não será realizada a leitura ou modificação de dados de indutância de linha CC. Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Caso não possui linha CC*
- *Barra CC da extremidade DE não existe*
- *Barra CC da extremidade PARA não existe*
- *Circuito CC inexistente*

Quando utilizada com o código *DFCM*: o caso será executado, porém os dados de falha de comutação serão desconsiderados. Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Caso não possui conversor CA-CC*
- *Conversor inexistente*

Quando utilizada com o código *DERA*: o caso será executado, porém os dados do ERAC serão desconsiderados. Se usada com este código de execução, faz com que as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**:

- *Barra de monitoração de frequência não existe*
- *Barra de monitoração de frequência não pertence à zona de controle*
- *ERAC sem barras de carga encontradas*

Quando utilizada com o código *DREL*: o caso será executado, porém os dados de relé serão desconsiderados. Se usada com este código de execução, faz com as seguintes **mensagens de erro** sejam transformadas em **mensagens de erro ignorado**, de acordo com o modelo predefinido de relé selecionado:

1. *MD01*

- *Número de barra inexistente*
- *Barra não tem carga para aliviar*

2. *MD02*

- *Barra CA da extremidade DE não existe*
- *Barra CA da extremidade PARA não existe*
- *Circuito inexistente*

3. *MD03*

- *Número de barra inexistente*
- *Barra não tem carga para aliviar*
- *Barra de medição de tensão não existe*

4. *MD04*

- *Barra CA da extremidade DE não existe*
- *Barra CA da extremidade PARA não existe*
- *Circuito inexistente*

5. *MD05*

- *Barra CA da extremidade DE não existe*
- *Barra CA da extremidade PARA não existe*
- *Circuito inexistente*

6. *MD06*

- *Barra CA da extremidade DE não existe*
- *Barra CA da extremidade PARA não existe*
- *Circuito inexistente*

- *Barra controlada não existe*
7. *MD07*
- *Número de barra inexistente*
8. *MD08*
- *Número de barra inexistente*
9. *MD09*
- *Barra CA da extremidade DE não existe*
  - *Barra CA da extremidade PARA não existe*
  - *Circuito inexistente*
  - *Circuito monitorado não existe*
  - *Circuito a desligar não existe*
10. *MD10*
- *Barra CA da extremidade DE não existe*
  - *Barra CA da extremidade PARA não existe*
  - *Circuito inexistente*
  - *Barra controlada não existe*
11. *MD11*
- *Número de barra inexistente*
  - *Barra não possui geração*
12. *MD12*
- *Número de barra inexistente*
  - *Grupo de máquina de indução não existe*
  - *Barra não possui máquina de indução*
13. *MD13*
- *Número de barra inexistente*
  - *Grupo de motor de indução não existe*
  - *Barra não possui máquina de indução*
14. *MD14*
- *Número de barra inexistente*
  - *Barra não possui geração*
15. *MD15*
- *Número de barra inexistente*
  - *Grupo de máquina de indução não existe*
  - *Barra não possui máquina de indução*
16. *MD16*
- *Número de barra inexistente*
  - *Barra não possui geração*
17. *MD17*
- *Número de barra inexistente*

---

## 18. MD18

- Barra CA da extremidade DE não existe
  - Barra CA da extremidade PARA não existe
  - Circuito inexistente
- 

## 46.26 ILHA

Esta opção usada com o código *EXSI* determina que ilhas elétricas sem modelo dinâmico de geração sejam desligadas. Caso ilhas elétricas existam no caso sem modelo dinâmico de geração, o Anatem retornará um erro. Esta opção pode ser utilizada também com o código de execução *RELA* e, neste caso, um relatório contendo todas as barras desligadas pela opção será emitido.

### 46.26.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*
- *RELA*

## 46.27 IMPR

De acordo com o código de execução em que é ativada, imprime os relatórios dos dados de entrada na *Unidade Lógica #6* ou na *Unidade Lógica #4* se a opção *FILE* estiver ativada.

---

**Dica:** Esta opção promove a escrita de todos os dados lidos e não é recomendado o seu uso de maneira geral. Utilize apenas em situações muito específicas em que exista alguma dúvida do que o programa considerou como dado de entrada.

---

### 46.27.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.28 INIC

Esta opção faz com que seja executado apenas o processo de inicialização das variáveis de todos os modelos de controle para o instante de tempo  $t = 0$ . A execução da simulação com esta opção ativada é equivalente à execução com o tempo máximo de simulação igual a zero (código *DSIM*). Esta opção só tem efeito na primeira execução do código *EXSI*.

### 46.28.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *ETMQ*
- *EXSI*

### 46.29 IRMX

Esta opção faz com que o instante de tempo imediatamente antes da execução deste código seja tomado como tempo inicial para determinação dos valores máximos e mínimos a serem impressos em todas as execuções subsequentes do relatório *RMXG*.

### 46.29.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *ETMQ*
- *EXSI*

### 46.30 LGCY

Especifica que o motor de solução do *Anatem* a ser utilizado é a rotina presente até a versão 11.7 do programa. Na versão 11.8, um novo motor de solução foi introduzido de maneira experimental. Esta opção é ligada automaticamente pelo programa no início da simulação e pode ser desabilitada pelo usuário (11.8).

### 46.30.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EAMI*
- *EXSI*

### 46.31 LIBS

Esta opção permite ao *Anatem* acessar uma biblioteca interna de modelos *CDU* para serem utilizados como referências de topologia de *CDU* (como se tivessem sido informados pelo código *DTDU*). Estes modelos internos são fornecidos por agentes e fabricantes, e otimizados pela equipe de desenvolvimento do programa. Esses modelos disponibilizados possuem documentação específica a ser acessada por documento próprio pela interface do programa. A numeração da biblioteca interna é independente da numeração de topologia informada pelo código *DTDU*.

### 46.31.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *ACDU*

### 46.32 LIST

Esta opção imprime informações relativas aos casos gravados no arquivo *Anarede* de casos armazenados de fluxo de potência, constando do número do caso, número de registros ocupados e a identificação do caso gravado. Imprime sumário do arquivo de casos armazenados de fluxo de potência constando do número total de registros do arquivo, o número de registros utilizados, o número de casos gravados e a percentagem de utilização do arquivo.

### 46.32.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *ARQV*

## 46.33 MCDU

Especifica que os *CDU*'s convertidos oriundos de arquivos *CDE* serão mantidos.

### 46.33.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *ACDE*

## 46.34 MD01

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 01.

### 46.34.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DECS*
- *DEST*
- *DMCV*
- *DMCE*
- *DMCS*
- *DMDG*
- *DMEL*
- *DMGE*
- *DMTC*
- *DREL*
- *DRGT*
- *DRGV*

## 46.35 MD02

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 02.

### 46.35.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DEST*
- *DMCS*
- *DMDG*
- *DREL*
- *DRGT*
- *DRGV*

## 46.36 MD03

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 03.

### 46.36.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DEST*
- *DMDG*
- *DMCV*
- *DREL*
- *DRGT*
- *DRGV*

### 46.37 MD04

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 04.

#### 46.37.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DEST*
- *DREL*
- *DRGT*
- *DRGV*

### 46.38 MD05

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 05.

#### 46.38.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DEST*
- *DREL*
- *DRGT*
- *DRGV*

### 46.39 MD06

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 06.

#### 46.39.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DEST*
- *DREL*
- *DRGT*
- *DRGV*

### 46.40 MD07

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 07.

### 46.40.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DEST*
- *DREL*
- *DRGT*
- *DRGV*

## 46.41 MD08

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 08.

### 46.41.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DEST*
- *DREL*
- *DRGT*

## 46.42 MD09

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 09.

### 46.42.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DEST*
- *DREL*
- *DRGT*

## 46.43 MD10

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 10.

### 46.43.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DEST*
- *DREL*
- *DRGT*

## 46.44 MD11

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 11.

### 46.44.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DEST*
- *DREL*
- *DRGT*

## 46.45 MD12

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 12.

### 46.45.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DEST*
- *DREL*
- *DRGT*

## 46.46 MD13

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 13.

### 46.46.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DREL*
- *DRGT*

## 46.47 MD14

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 14.

### 46.47.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DREL*
- *DRGT*

## 46.48 MD15

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 15.

### 46.48.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DREL*
- *DRGT*

## 46.49 MD16

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 16.

### 46.49.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DREL*
- *DRGT*

### 46.50 MD17

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 17.

#### 46.50.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DREL*
- *DRGT*

### 46.51 MD18

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 18.

#### 46.51.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DREL*
- *DRGT*

### 46.52 MD19

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 19.

#### 46.52.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DREL*
- *DRGT*

### 46.53 MD20

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 20.

#### 46.53.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DRGT*

## 46.54 MD21

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 21.

### 46.54.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DRGT*

## 46.55 MD22

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 22.

### 46.55.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DRGT*

## 46.56 MD23

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 23.

### 46.56.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DRGT*

## 46.57 MD24

Especifica, para o código de execução ativado, que o conjunto de dados refere-se ao modelo 24.

### 46.57.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DRGT*

## 46.58 NEWT

Esta opção habilita a solução da rede CA utilizando o método de *Newton-Raphson*. A partir da versão 11 sempre que ocorrer a não convergência do processo de solução CA-CC e a opção *NEWT* não estiver habilitada, o programa realizará a comutação automática para o método de *Newton* para a solução da rede CA durante 100 passos de simulação.

---

**Nota:** Para maiores informações, consulte a seção *Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho*.

---

### 46.58.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.59 OTM1

Esta opção permite que o *Anatem* realize o algoritmo de detecção de malha ativa e inativa a partir de bloco *Bloco EXPORT*. Para o relatório detalhando os blocos desligados, utilize a opção *OTMX* junto do código *RELA*.

---

**Dica:** A opção *OTMX* é a opção mais indicada para o usuário comum dente a família de opções *OTM*.

---

### 46.59.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.60 OTM2

Esta opção permite que o *Anatem* realize o algoritmo de detecção de malha inativa a partir de bloco *Bloco ENTRAD*. Para o relatório detalhando os blocos desligados, utilize a opção *OTMX* junto do código *RELA*.

---

**Dica:** A opção *OTMX* é a opção mais indicada para o usuário comum dente a família de opções *OTM*.

---

### 46.60.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.61 OTM3

Esta opção permite que o *Anatem* realize o algoritmo de detecção de malha inativa a partir de bloco *Bloco ENTRAD* com etapa *backward*. Para o relatório detalhando os blocos desligados, utilize a opção *OTMX* junto do código *RELA*.

---

**Dica:** A opção *OTMX* é a opção mais indicada para o usuário comum dente a família de opções *OTM*.

---

### 46.61.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.62 OTM4

Esta opção permite que o *Anatem* realize o algoritmo de detecção de malha inativa a partir de bloco *Bloco SAIDA*. Para o relatório detalhando os blocos desligados, utilize a opção *OTMX* junto do código de execução *RELA*.

---

**Dica:** A opção *OTMX* é a opção mais indicada para o usuário comum dente a família de opções *OTM*.

---

### 46.62.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.63 OTM5

Esta opção permite que o *Anatem* realize o algoritmo de detecção de malha inativa a partir de bloco ganho com parâmetro  $P1 = 0$ . Para o relatório detalhando os blocos desligados, utilize a opção *OTMX* junto do código *RELA*.

---

**Dica:** A opção *OTMX* é a opção mais indicada para o usuário comum dente a família de opções *OTM*.

---

### 46.63.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.64 OTMX

Esta opção permite que o *Anatem* realize os algoritmos de detecção de malha ativa e inativa recomendados pela equipe de desenvolvimento do programa (atualmente *OTM3*, *OTM4* e *OTM5*). Para o relatório detalhando os blocos desligados, utilize a opção *OTMX* junto do código de execução *RELA*.

### 46.64.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*
- *RELA*

## 46.65 P2D2

Deve ser habilitada para emissão do relatório de parâmetros *P2* do bloco *Bloco IMPORT* e *D2* do registro *DEF-VAL* que estão sendo **utilizados na simulação**, ou seja, dentre todos os parâmetros preenchidos pelo usuário este relatório apresenta apenas as variáveis que de fato estão adotando o valor preenchido devido à ausência do local remoto de medição. Por meio desse relatório pode-se verificar todas as variáveis que apresentariam erro e não permitiriam a simulação caso o parâmetro *default* (*P2* ou *D2*) não fosse preenchido manualmente na base de dados dinâmicos.

## 46.65.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.66 P2D2 FULL

A opção de execução *FULL* habilitada juntamente com a opção *P2D2* no código *RELA* realiza a impressão do relatório de parâmetros *P2* do *Bloco IMPORT* e *D2* do registro *DEFVAL* que **foram preenchidos** na base de dados dinâmicos. Listando não apenas quais variáveis tiveram seus respectivos parâmetros *P2* ou *D2* preenchidos, mas também os valores *default* informados pelo usuário e se o preenchimento foi realizado via *Bloco IMPORT* (*P2*) ou *DEFVAL* (*D2*).

---

**Nota:** A utilização da opção *FULL* de forma isolada (sem a opção *P2D2*), não possui aplicação prática na presente versão do *Anatem*.

---

### 46.66.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.67 P2D2 FULL NULL

A utilização das opções *P2D2 FULL NULL*, simultaneamente habilitadas no código *RELA* habilita a impressão de dois relatórios:

- Relatório de parâmetros *P2* e *D2* preenchidos, da mesma forma como o mesmo já seria impresso apenas pelo uso da impressão *P2D2 FULL*;
- Relatório de **todos** os parâmetros *P2* e *D2* não preenchidos, inclusive aqueles parâmetros que haviam sido marcados para serem ignorados no relatório gerado pelas opções *P2D2 NULL*. A última coluna será preenchida com “*sim*” para todo o *Bloco IMPORT* ou *DEFVAL* que foram marcados com o caractere “\*” no campo “*o*” da régua do *CDU*.

### 46.67.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.68 P2D2 NULL

A opção de execução *NULL* habilitada juntamente com a opção *P2D2* no código *RELA* realiza a impressão do relatório de parâmetros *P2* do bloco *Bloco IMPORT* e *D2* do registro *DEFVAL* que **ainda não foram preenchidos** na base de dados dinâmicos. Ou seja, enumera todas as variáveis **candidatas** a provocarem erro de simulação devido à possível ausência (em casos futuros) de seus respectivos locais remotos de medição.

Note que este relatório não trata apenas das variáveis cujos locais remotos estão ausentes no caso que está sendo analisado. Ele trata genericamente de todas as variáveis que poderiam, porventura, em algum cenário sofrer a falta do seu local remoto de medição.

Portanto, este relatório permite que o usuário identifique e **efetivamente** preencha os parâmetros *P2* e *D2* (ainda não preenchidos) para tornar a sua base de dados dinâmicos mais robusta, flexível e unificada para simulação de múltiplos cenários.

---

**Nota:** A utilização da opção *NULL* de forma isolada (sem a opção *P2D2*), não possui aplicação prática na presente versão do *Anatem*.

---

### 46.68.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

### 46.69 PECO

Esta opção de execução desconsidera o carregamento pré-falta do sistema e elementos com conexão para terra na sequência positiva (exceto geradores) para fins de cálculo da potência de curto-circuito trifásica, dos índices da análise multi-infeed via código *EAMI* e dos índices de interação entre fontes shunt controladas via código *EAIF*.

Esta opção é habilitada por *default* no módulo de *análise multi-infeed* e para a *análise de interação entre fontes shunt controladas*. No entanto, é possível desabilitar a opção *PECO* via código *DOPC*.

Adotando a modelagem PECO, são desconsiderados os seguintes elementos para a montagem da matriz Zbarra:

- Parcela Z da carga dos barramentos;
- Geração não modelada;
- Elementos shunt;
- Motores de Indução;
- Fontes shunt controladas;
- Taps e defasamento de transformadores;
- *Line charging*;
- Todos os demais elementos com ligação para terra na sequência positiva, exceto máquinas síncronas modeladas.

### 46.69.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EAMI*
- *EAIF*

### 46.70 PLUS (+)

---

**Nota:** O código de fato é o símbolo “+”.

---

Especifica que opções serão também especificadas no registro seguinte. Em cada registro podem ser especificadas até 13 opções. Quando o número de opções for maior que este valor, então até 12 opções podem ser especificadas no registro e a *PLUS (+)* deve ser especificada de modo a permitir que as opções restantes sejam especificadas nos registros seguintes.

## 46.70.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *DOPC*

## 46.71 PRES

Opção de execução para aumento na precisão do *Arquivo de Plotagem*.

Com esta opção, o arquivo de plotagem passa de 6 para 16 casas decimais. Note que a precisão da simulação ainda está limitada em relação à precisão da convergência das variáveis (parâmetros *TABS* e *TEMD*).

**Cuidado:** O aumento na precisão das variáveis de plotagem provoca no aumento do tamanho do arquivo de saída. Utilize essa opção com cautela.

## 46.71.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

### Ver também:

Consulte o código *DCTE* para maiores informações acerca dos parâmetros de convergência.

## 46.72 RBAR

Imprime relatório de barras CA, constando do número, nome e tipo da barra, módulo e ângulo de fase da tensão, geração de potência ativa e reativa, injeção equivalente de potência ativa e reativa, carga ativa e reativa, potência ativa e reativa relativa a *link* CC, *shunt* e *shunt* equivalente.

## 46.72.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.73 RBCN

Esta opção imprime o relatório das barras relacionadas com cada alteração de cenário de carga (especificadas através do código *DCEN* em registros com *Tm* (Tipo da Mudança) igual a *CARG*).

## 46.73.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.74 RBER

Esta opção imprime o relatório das barras cujas cargas sofrerão cortes controlados pelos Esquemas Regionais de Alívio de Carga (ERAC).

### 46.74.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.75 RBLI

Esta opção, usada com o código *RELA*, imprime relatório dos blocos de inicialização presentes nos *Controladores Definidos pelo Usuário* (CDUs), constando do número e nome do *CDU*, número, tipo, subtipo, nome e valor das variáveis de entrada e saída dos blocos. Serão listados somente os blocos de inicialização presentes nos *CDU* a serem efetivamente usados na simulação: no contexto *Anatem* (ver código *ANAT*) são os *CDU*'s associados a componentes do sistema através dos códigos *DAVS*, *DCAG*, *DCCT*, *DCER*, *DCNE*, *DCNV*, *DCSC*, *DDFM*, *DELO*, *DFNT*, *DGSE*, *DLDN*, *DLTC*, *DMAQ* e *DMOT*; no contexto *ANACDU* (ver código de execução *ANAC*) são todos os *CDU*'s lidos.

**Atenção:** Esta opção deve ser utilizada *após* executado o código *EXSI*, caso contrário os valores das variáveis do *CDU* não estarão inicializadas (o valor *default* antes da inicialização é  $0.1E + 17$ ). Para obter as condições iniciais no instante de tempo  $t = 0$ , sem executar a simulação, basta utilizar o código *EXSI* com a opção *INIC*.

### 46.75.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.76 RCAR

Esta opção imprime relatório das cargas que variam com o módulo da tensão, constando do número e nome da barra, da carga ativa fixa, proporcional à tensão e proporcional ao quadrado da tensão, em MW e %, e da carga reativa fixa, proporcional à tensão e proporcional ao quadrado da tensão, em Mvar e %. Caso haja parcela da carga associada a modelo de carga dinâmica (através do código *DLDN*), esta parcela também é indicada no relatório.

---

**Nota:** Quando usada em conjunto com o código *EXSI* a frequência de impressão de relatórios é controlada pelo código *DSIM*.

---

### 46.76.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*
- *RELA*

## 46.77 RCDU

Esta opção imprime o relatório dos *Controladores Definidos pelo Usuário* (CDUs), constando do número e nome do *Controladores Definidos pelo Usuário*, número, tipo, subtipo, nome e valor das variáveis de entrada e saída dos blocos. Serão listados somente os *CDU* a serem efetivamente usados na simulação: no contexto *Anatem* (ver código de execução *ANAT*) são os *CDU*'s associados a componentes do sistema através dos *Códigos de Execução* *DAVS*, *DCAG*, *DCCT*, *DCER*, *DCNE*, *DCNV*, *DCSC*, *DDFM*, *DELO*, *DFNT*, *DGSE*, *DLDN*, *DLTC*, *DMAQ* e *DMOT*; no contexto *ANACDU* (ver código de execução *ANAC*) são todos os *CDU*'s lidos.

**Atenção:** Esta opção deve ser utilizada **após** executado o código *EXSI*, caso contrário os valores das variáveis do *CDU* não estarão inicializadas (o valor *default* antes da inicialização é  $0.1E + 17$ ). Para obter as condições iniciais no instante de tempo  $t = 0$ , sem executar a simulação, basta utilizar o código *EXSI* com a opção *INIC*.

### 46.77.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.78 RCEN

Esta opção imprime o relatório de dados de mudança automática de cenário.

### 46.78.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.79 RCMT

Esta opção imprime comentário gravado juntamente com o caso histórico de fluxo do potência.

### 46.79.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.80 RCSC

Esta opção imprime o relatório dos *Compensadores Série Controláveis* (CSC's), constando de número e nome das barras terminais, número do circuito, reatância série equivalente, Especificação de violação de limite, valor de referência, tipo de controle e fluxos de potência ativa e reativa.

**Nota:** Quando usada em conjunto com o código *EXSI* a frequência de impressão de relatórios é controlada pelo código *DSIM*.

### 46.80.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*
- *RELA*

### 46.81 RCTE

Esta opção imprime os códigos e os valores correntes das constantes utilizadas no programa, como descritos no código *DCTE*.

#### 46.81.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

### 46.82 RCVP

Esta opção imprime o relatório parcial de convergência do processo iterativo de solução. São listados os valores máximos de erro, os modelos ou barras onde estes ocorreram e o número do total de iterações a cada passo de integração.

**Aviso:** Esta opção só deve ser usada em casos específicos com algum problema de convergência e assim mesmo somente a partir do instante de tempo onde ocorreu o problema. A sua utilização durante toda a simulação gera uma quantidade muito grande de relatório, cuja saída em disco ou na tela aumenta significativamente o tempo de execução.

#### 46.82.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*
- *ETMQ*

### 46.83 RCVT

Esta opção imprime o relatório total de convergência do processo iterativo de solução. São listados os valores máximos de erro, os modelos ou barras onde estes ocorreram, a cada iteração em cada passo de integração. Ao final do passo imprime as mesmas informações do relatório parcial (opção *RCVP*).

**Aviso:** Esta opção só deve ser usada em casos específicos com algum problema de convergência e assim mesmo somente a partir do instante de tempo onde ocorreu o problema. A sua utilização durante toda a simulação gera uma quantidade muito grande de relatório, cuja saída em disco ou na tela aumenta significativamente o tempo de execução.

### 46.83.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*
- *ETMQ*

## 46.84 RDIM

Esta opção imprime o relatório dos limites máximos dos recursos do programa na cópia distribuída, assim como os valores efetivamente usados no caso em execução.

### 46.84.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.85 RE2S

Ao iniciar a simulação, o *Anatem* verifica toda a interface de comunicação entre controladores e rede para garantir que nenhum sinal esteja se perdendo ou faltando. Por conta desta verificação, erros associados a blocos *Bloco EXPORT* exportando sinais para algum lugar inexistente são levantados, provocando que controles alternativos sejam gerados substituindo a exportação desse sinal para uma conexão com a terra (bloco *Bloco SAIDA*). Desde a versão 11.0.1, o *Anatem* transforma automaticamente blocos *Bloco EXPORT* em *Bloco SAIDA* quando existe algum problema dessa natureza.

A partir da versão 11.5, tais avisos foram suprimidos a fim de se reduzir a verbosidade do programa. Agora, caso o usuário queira saber a relação de blocos que foram transformados em *Bloco SAIDA*, precisará informar ao código *RELA* a opção *RE2S* (Relatório de bloco *Bloco EXPORT* para *Bloco SAIDA*). Um relatório conciso, então, é apresentado ao usuário.

### 46.85.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.86 RERA

Esta opção imprime o relatório com os dados dos Esquemas Regionais de Alívio de Carga (ERAC), incluindo os estágios para atuação dos relés de subfrequência.

### 46.86.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.87 REST

Para o código *ARQV*, esta opção restabelece para a memória todas as informações e dados relativos ao sistema contidos em um caso gravado no arquivo *Anarede* de casos armazenados de fluxo de potência.

Para o código *SNAP* esta opção restabelece todas as informações e dados (estáticos e dinâmicos) relativos ao sistema elétrico contidos em um caso gravado em arquivo do tipo *snapshot* (previamente associado à *Unidade Lógica #10*). Este arquivo corresponde a uma imagem da memória do programa, gravada por meio do código *SNAP* com opção *GRAV*. Isto permite a continuação de uma simulação a partir do instante de tempo gravado no arquivo *snapshot*.

### 46.87.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *ARQV*
- *SNAP*

## 46.88 RGER

Esta opção imprime o relatório de *Barras CA* de geração, constando do número, nome e tipo da barra, módulo e ângulo de fase da tensão terminal, geração atual de potência ativa e reativa.

---

**Nota:** Quando usada em conjunto com o código *EXSI*, a frequência de impressão de relatórios é controlada pelo código *DSIM*.

---

### 46.88.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*
- *RELA*

## 46.89 RILH

Esta opção imprime o relatório de ilhamento do sistema, listando as *Barras CA* que pertencem a cada ilha elétrica. As barras de geração modeladas e com usinas ativas são marcadas com a letra *G*.

### 46.89.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.90 RINE

Esta opção imprime o relatório de inércia, despacho e capacidade de grupos de máquinas síncronas previamente definidos no código *AGMQ*.

## 46.90.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.91 RLDC

Esta opção imprime para o sistema CC:

- Relatório de *Barras CC*, por elo, constando do número, nome, polaridade, tipo, módulo da tensão e corrente injetada.
- Relatório de *Linhas CC* constando dos números e nomes das *Barras CC* terminais da linha, número da linha, corrente, fluxo de potência em MW nos dois terminais (+ saindo da barra e – entrando na barra), e a perda de potência na linha.
- Relatório de conversores constando do número do conversor, número das *Barras CA*, *Barras CC* e neutra, tipo de controle, corrente ou potência especificada, módulo da tensão, corrente atual, potência atual, *tap* e ângulo de disparo.

---

**Nota:** quando usada em conjunto com o código *EXSI* a frequência de impressão de relatórios é controlada pelo código *DSIM*.

---

### 46.91.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*
- *RELA*

## 46.92 RLIN

Esta opção imprime o relatório de *Circuitos CA*, constando de número, tipo e nome da barra, módulo e ângulo de fase da tensão. Para a barra em questão, imprime dados relativos às suas conexões constando do número e nome da barra da outra extremidade do circuito, número do circuito, fluxos de potência ativa e reativa, valor do *tap* e do ângulo de defasamento.

### 46.92.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.93 RLOG

Esta opção imprime o relatório de eventos ocorridos durante a simulação.

**Atenção:** Esta opção só deve ser utilizada após executado o código *EXSI*.

---

**Dica:** O arquivo de saída LOG contém a relação de todos os eventos ocorridos durante a simulação.

---

### 46.93.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RLOG*

### 46.94 RMOT

Esta opção imprime o relatório de barras de *Máquinas de Indução Convencional*, constando do número, nome e tipo da barra, módulo e ângulo de fase da tensão terminal, identificação do motor/gerador, número de unidades, potência ativa e reativa, torque mecânico no eixo e escorregamento.

---

**Nota:** Quando usada em conjunto com o código *EXSI* a frequência de impressão de relatórios é controlada pelo código *DSIM*.

---

### 46.94.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*
- *RELA*

### 46.95 RMXG

Esta opção imprime o relatório com valores inicial, final, máximo e mínimo, relativos ao intervalo total de simulação até o instante atual, para cada variável selecionada no código *DPLT*, indicando também os tempos correspondentes de ocorrência de cada valor.

**Atenção:** Esta opção só deve ser utilizada após executado o código *EXSI*.

### 46.95.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

### 46.96 RMXU

Esta opção imprime o relatório com valores inicial, final, máximo e mínimo, relativos ao último intervalo de simulação executado com o código *EXSI*, para cada variável selecionada no código de execução *DPLT*, indicando também os tempos correspondentes de ocorrência de cada valor.

**Atenção:** Esta opção só deve ser utilizada após executado o código *EXSI*.

## 46.96.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.97 ROPC

Esta opção imprime o relatório das opções padrão de execução constando de todas as opções que foram ativadas pelo código *DOPC*.

### 46.97.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

## 46.98 ROPG

Esta opção imprime o relatório de condições operativas das máquinas geradoras (*Máquinas Síncronas*), constando de número e nome da barra, número de unidades, identificação da máquina, módulo e ângulo de fase da tensão terminal, geração ativa e reativa, fator de potência, tensão de campo e magnitude da tensão atrás da reatância subtransitória.

**Atenção:** Esta opção com o código *RELA* só deve ser utilizada após executado o código *EXSI* ou *ETMQ*. Para obter as condições operativas no instante inicial, sem executar a simulação, basta utilizar o código *EXSI* ou *ETMQ* com a opção *INIC*.

**Nota:** Quando usada em conjunto com o código *EXSI* ou *ETMQ*, a frequência de impressão de relatórios é controlada pelo código *DSIM*.

### 46.98.1 Códigos de execução aplicáveis

- *EXSI*
- *ETMQ*
- *RELA*

## 46.99 RSEG

Esta opção permite a monitoração dos critérios de segurança utilizados na Avaliação de Segurança Dinâmica (DSA). Os elementos que serão monitorados devem ser definidos previamente no caso histórico do *Anarede*. Podem ser monitorados os circuitos (carregamento), barras (tensão) e barras de geração (geração de reativo). Os valores utilizados como referência são aqueles definidos como limites de emergência no caso histórico do *Anarede*.

**Atenção:** Esta opção com o código *RELA* só deve ser utilizada após executado o código de execução *EXSI*. O relatório será referente apenas aos trechos de simulação executados com *EXSI*.

## 46.99.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*
- *RELA*

## 46.100 RSTR

Esta opção em conjunto do código *RELA* ativa a impressão do relatório de inicialização do *Bloco SERIET* em função do *timestamp* (código *TIME*) e do cenário (código *DSTO*).

### 46.100.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *RELA*

#### Ver também:

Para mais informações sobre séries temporais, consulte a seção *Séries Temporais*.

## 46.101 SAD2

Esta opção habilita a solução desacoplada entre os processos iterativos CA e CC quando houver a não convergência entre estes. Ao ser habilitada a solução desacoplada tem a duração *10ms* (valor *default*) e pode ter seu valor alterado através da constante *TSAD*. Esta opção pode ser utilizada durante toda a simulação, mas só será habilitada quando o pequeno erro entre a interface CA e CC não permitir a convergência conjunta entre os processos iterativos.

---

**Nota:** Para maiores informações, consulte a entrada *Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho*.

---

### 46.101.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.102 SAD3

Esta opção habilita a solução desacoplada entre os processos iterativos CA e CC. A cada *10ms* (valor *default*), o processo iterativo CA-CC é acoplado durante um único *step*. Este tempo pode ter seu valor alterado através da constante *TSAD*. Esta opção visa diminuir o tempo computacional necessário para a execução a simulação, recomendando-se o seu uso durante toda a simulação.

---

**Nota:** Para maiores informações, consulte a entrada *Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho*.

---

## 46.102.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- EXSI

## 46.103 SADD

Esta opção habilita a solução desacoplada entre os processos iterativos CA e CC. Pode ser utilizada quando o pequeno erro entre a interface CA e CC não permite a convergência conjunta entre os processos iterativos.

**Nota:** Para maiores informações, consulte as seções *Solução de Problemas de Convergência e de Desempenho*; Consulte a seção *Métodos de Solução usados no Programa* para verificar o efeito desta opção no fluxograma da metodologia de solução.

### 46.103.1 Códigos de Execução Aplicáveis

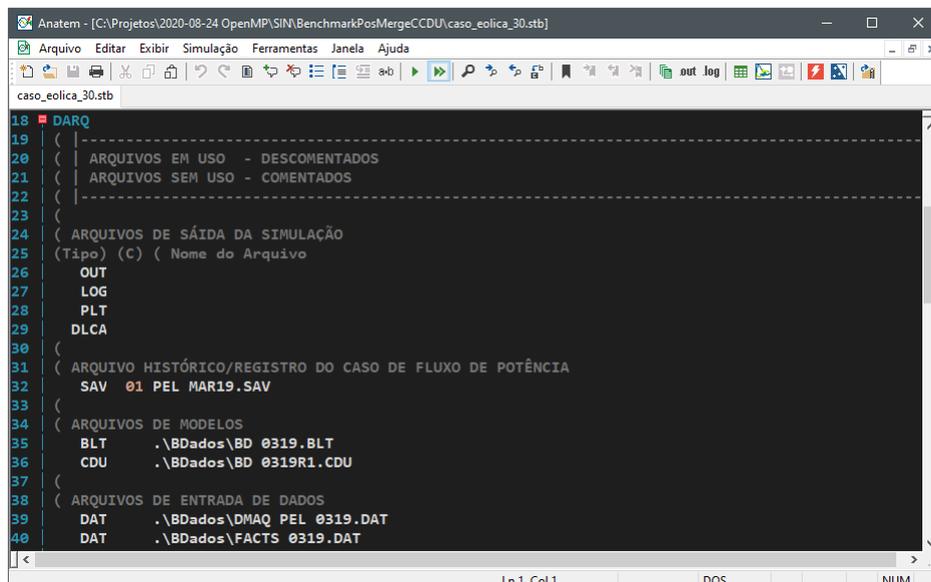
- EXSI

## 46.104 SPMD

Opção de execução para ativação de algoritmo de solução paralelo de modelos. O número núcleos do processador é determinado automaticamente pelo programa como sendo igual à metade do número de núcleos lógicos dividido por dois.

Este algoritmo pode ser ativado de três formas diferentes:

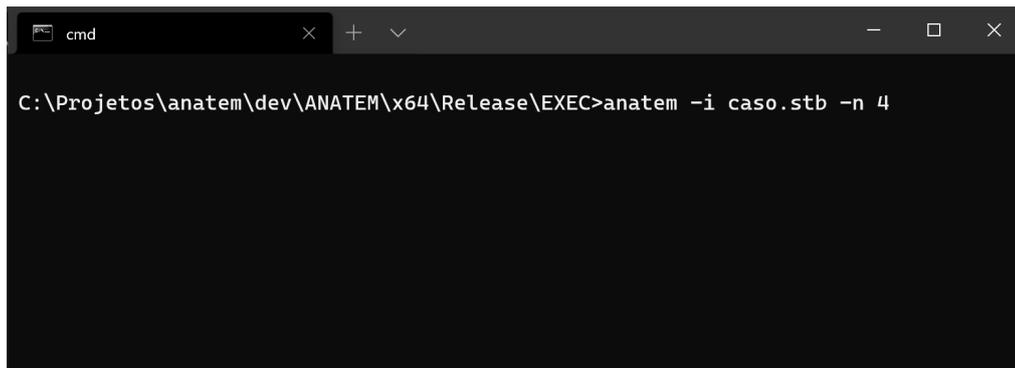
- Pelo botão com duas setas (» na interface) ou pelo atalho F5. Nesta opção, o número de processos em paralelo será determinado automaticamente pelo Anatem.



```

Anatem - [C:\Projetos\2020-08-24 OpenMPI\SINI\BenchmarkPosMergeCCDU\caso_eolica_30.stb]
Arquivo  Editar  Exibir  Simulação  Ferramentas  Janela  Ajuda
caso_eolica_30.stb
18  DARQ
19  (
20  ( ARQUIVOS EM USO - DESCOMENTADOS
21  ( ARQUIVOS SEM USO - COMENTADOS
22  (
23  (
24  ( ARQUIVOS DE SÁIDA DA SIMULAÇÃO
25  (Tipo) (C) (Nome do Arquivo)
26  OUT
27  LOG
28  PLT
29  DLCA
30  (
31  ( ARQUIVO HISTÓRICO/REGISTRO DO CASO DE FLUXO DE POTÊNCIA
32  SAV 01 PEL MAR19.SAV
33  (
34  ( ARQUIVOS DE MODELOS
35  BLT  .\BDados\BD 0319.BLT
36  CDU  .\BDados\BD 0319R1.CDU
37  (
38  ( ARQUIVOS DE ENTRADA DE DADOS
39  DAT  .\BDados\DMAQ PEL 0319.DAT
40  DAT  .\BDados\FACTS 0319.DAT
  
```

- Pelo argumento “-n X” onde X é o número de processos em paralelo (*linha de comando*). Nesta opção, o número de processos precisa ser explicitado pelo usuário na chamada do programa.



```
cmd
C:\Projetos\anatem\dev\ANATEM\x64\Release\EXEC>anatem -i caso.stb -n 4
```

- Por meio da opção *SPMD* no código *EXSI*. Nesta opção, o número de processos em paralelo será determinado automaticamente pelo Anatem.

---

**Dica:** A utilização explícita da opção *SPMD* não é recomendada, uma vez que limita o potencial de paralelização da *solução em lote*.

---

---

**Dica:** Quando o objetivo é *resolver múltiplos casos*, a utilização de solução paralelizada em Lote é recomendada por trazer maior ganho global. Utilize o algoritmo *SPMD* para a simulação monocaso regular.

---

---

**Nota:** O Anatem utiliza o *número de processadores físicos* disponíveis, e não o número de *threads*. O algoritmo *SPMD* abrirá 4 *threads* em um processador i5 ou i7 com 4 núcleos e 8 *threads* nas modalidades de uso pela interface e pela opção *SPMD*.

---

### 46.104.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.105 TELE

Esta opção, usada com o Código *EXSI*, considera apenas o torque elétrico na equação de oscilação da máquina síncrona quando a opção *CorFreq* está habilitada no código *DMDG*. Ao habilitar a opção *TELE*, apenas o torque elétrico será considerado na equação *swing*, enquanto a potência mecânica não será dividida pela frequência do rotor nessa mesma equação. Ao habilitar ambas as Opções *TELE* e *TMEC* junto ao *EXSI*, ambos os torques elétrico e mecânico serão considerados na equação de oscilação da máquina síncrona. Esta opção não terá efeito na equação de oscilação de determinado modelo de máquina quando a opção *CorFreq* correspondente estiver desligada.

**Ver também:**

Consulte a seção *Equação de Oscilação da Máquina Síncrona* para mais informações sobre opções de execução quem alteram o comportamento da equação de oscilação da máquina síncrona.

### 46.105.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.106 TMEC

Esta opção, usada com o Código *EXSI*, considera apenas o torque mecânico na equação de oscilação da máquina síncrona quando a opção CorFreq está habilitada no código *DMDG*. Ao habilitar a opção *TMEC*, apenas o torque mecânico será considerado na equação swing, enquanto a potência elétrica não será dividida pela frequência do rotor nessa mesma equação. Ao habilitar ambas Opções *TMEC* e *TELE* junto ao *EXSI*, ambos os torques mecânico e elétrico serão considerados na equação de oscilação da máquina síncrona. Esta opção não terá efeito na equação de oscilação de determinado modelo de máquina quando a opção CorFreq correspondente estiver desligada.

#### Ver também:

Consulte a seção *Equação de Oscilação da Máquina Síncrona* para mais informações sobre opções de execução quem alteram o comportamento da equação de oscilação da máquina síncrona.

### 46.106.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EXSI*

## 46.107 WARN

Esta opção habilita a impressão das mensagens de aviso do programa, que desde a versão 11.5.0 passaram a ser suprimidas no relatório *OUT*. Esta opção pode ser utilizada com **qualquer código de execução**.

## 46.108 YBUS

Esta opção, ao ser utilizada junto ao código *EAI*F, habilita o cálculo do *Multi-Infeed Interaction Factor - MIIF* em função das impedância da rede elétrica, desprezando os efeitos não lineares da rede e a ação dos sistemas de controle, considerando a rede elétrica formada apenas por impedância lineares.

Neste caso o *MIIF* é calculado pela expressão:

$$MIIF_{j,i} = \frac{Z_{ij}}{Z_{ii}}$$

### 46.108.1 Códigos de Execução Aplicáveis

- *EAI*F



## A

ABCI, **166**  
 ACBC, **287**  
 ACLC, **289**  
 ALFA, **314**  
 ALFMAX, **314**  
 ALFMIN, **314**  
 AMX1, **692**  
 AMX2, **692**  
 ANGL, **142**  
 APCB, **139**  
 APCC, **140**  
 APCL, **166**  
 APFC, **311**

## B

BARRAC, **728**  
 BARRCC, **728**  
 BCCS, **325**  
 BCES, **321**  
 BELO, **311**  
 BLCS, **325**  
 BLDIN, **150**  
 BMNCES, **321**  
 BMNCSC, **325**  
 BMXCES, **321**  
 BMXCSC, **326**  
 BPCS, **167**  
 BSH, **728**  
 BTRVSI, **335**

## C

CCAT, **135**  
 CCNV, **314**  
 CDU, **485**  
 CDU (*DLOC*), **729**  
 Cepel, **135**  
 Certamente Ativo, **502**  
 Certamente Inativo, **502**  
 CIRCAC, **729**  
 CIRCCC, **729**

CNVK, **315**  
 CONDCC, **315**  
 CONVER, **729**  
 Conversores, **295**  
 CSC, **729**  
 CTAP, **315**

## D

DBCA, **140**  
 DECS MD01, **696**  
 DELT, **237**  
 DEST MD01, **225**  
 DEST MD02, **225**  
 DEST MD03, **226**  
 DEST MD04, **226**  
 DEST MD05, **227**  
 DEST MD06, **228**  
 DEST MD07, **228**  
 DEST MD08, **229**  
 DEST MD09, **230**  
 DEST MD10, **230**  
 DEST MD11, **231**  
 DEST MD12, **232**  
 Disjuntores CA (*Elo CCAT*), **296**  
 DLTGSE, **272**  
 DMCE MD01, **318**  
 DMCS MD01, **737**  
 DMCS MD02, **738**  
 DMCV MD01, **307**  
 DMCV MD03, **307**  
 DMDG MD01, **196**  
 DMDG MD02, **197**  
 DMDG MD03, **199**  
 DMFM, **255**  
 DMGE MD01, **267**  
 DMTC MD01, **180**  
 DNFT, **278**  
 DPCC, **290**  
 DREL MD01, **151**  
 DREL MD02, **170**  
 DREL MD03, **153**

DREL MD04, 171  
DREL MD05, 171  
DREL MD06, 172  
DREL MD07, 160  
DREL MD08, 161  
DREL MD09, 174  
DREL MD10, 174  
DREL MD11, 239  
DREL MD12, 190  
DREL MD13, 191  
DREL MD14, 241  
DREL MD15, 274  
DREL MD16, 264  
DREL MD17, 162  
DREL MD18, 175  
DREL MD19, 176  
DREL MD20, 245  
DREL MD21, 246  
DREL MD22, 246  
DRGT MD01, 204  
DRGT MD02, 205  
DRGT MD03, 205  
DRGT MD04, 206  
DRGT MD05, 206  
DRGT MD06, 207  
DRGT MD07, 208  
DRGT MD08, 209  
DRGT MD09, 209  
DRGT MD10, 210  
DRGT MD11, 210  
DRGT MD12, 211  
DRGT MD13, 212  
DRGT MD14, 212  
DRGT MD15, 213  
DRGT MD16, 214  
DRGT MD17, 214  
DRGT MD18, 215  
DRGT MD19, 216  
DRGT MD20, 216  
DRGT MD21, 217  
DRGT MD22, 217  
DRGT MD23, 218  
DRGT MD24, 218  
DRGV MD01, 220  
DRGV MD02, 220  
DRGV MD03, 221  
DRGV MD04, 221  
DRGV MD05, 222  
DRGV MD06, 223  
DRGV MD07, 224  
DSTR MD01, 595  
DSTR MD02, 595  
DSTR MD03, 596  
DSTR MD04, 596  
DT, 485  
DTAP, 182  
DWMAQ, 238

## E

ECE, 518  
EFD, 237  
EFDGSE, 272  
EFVSI, 729  
Eletrodos, 295  
Elo CCAT (*Bipolar*), 296  
Elo CCAT (*Homopolar*), 296  
Elo CCAT (*Monopolar*), 296  
EPE, 135  
EQ, 237  
ERAC, 518  
Esquema de Controle de Emergência, 518  
Esquema Regional de Alívio de Carga, 518  
Estabilidade angular, 58  
Estabilidade de frequência, 58  
Estabilidade de tensão, 58  
Estabilidade de tensão (*Instabilidade de curto prazo ou transitória*), 571  
Estabilidade de tensão (*Instabilidade de longo prazo*), 571  
Estabilidade de tensão (*Instabilidade de muito longo prazo*), 571  
ESTCNV, 315  
ESTFNT, 283  
ETIVSI, 334  
ETMVSI, 334  
ETRVSI, 334

## F

FECI, 167  
FFLX, 692  
Filtros Harmônicos, 295  
FLXA, 169  
FLXR, 169  
FM1GSE, 273  
FM2GSE, 273  
FMVSI, 334  
FNGSE, 274  
FNT, 729  
Fontes de Potência Reativa (*Elo CCAT*), 295  
FREQ, 142

## G

GAMA, 314  
GAMIN, 315  
GGSE, 274  
GLDIN, 150  
GTRVSI, 335

## H

HIDRO, 600  
HVDC, 135

## I

$I_{ij}$ , 136  
IACE, 691

IACS, [691](#)  
 IADIN, [150](#)  
 IC1GSE, [272](#)  
 IC2GSE, [273](#)  
 ICCVSI, [335](#)  
 ICDFM, [263](#)  
 ICES, [321](#)  
 ICIDFM, [263](#)  
 ICRDFM, [263](#)  
 ID, [237](#)  
 IDFM, [262](#)  
 IFD, [237](#)  
 IIGSE, [273](#)  
 IIIFNT, [282](#)  
 IIMFNT, [282](#)  
 IIRFNT, [282](#)  
 IIVSI, [335](#)  
 ILDC, [290](#)  
 ILIN, [169](#)  
 ILINI, [169](#)  
 ILINR, [169](#)  
 IMDS, [691](#)  
 IMQS, [237](#)  
 IMVSI, [335](#)  
 Inicialização da entrada para a saída  
 (CDU), [479](#)  
 Inicialização da saída para a entrada  
 (CDU), [479](#)  
 IQ, [237](#)  
 IRDFM, [262](#)  
 IRDIN, [150](#)  
 IRGSE, [273](#)  
 IRIDFM, [263](#)  
 IRRDFM, [263](#)  
 IRVSI, [335](#)  
 ISDFM, [262](#)  
 ITIFNT, [282](#)  
 ITMFNT, [282](#)  
 ITMI, [691](#)  
 ITMR, [691](#)  
 ITRFNT, [282](#)

**K**

KC2GSE, [273](#)  
 KCLVSI, [336](#)  
 KCVSI, [335](#)

**L**

L'\_{d}, [136](#)  
 L'\_{q}, [136](#)  
 L''\_{d}, [136](#)  
 L''\_{q}, [136](#)  
 LBCA, [140](#)  
 LCC, [135](#)  
 LCRT, [691](#)  
 LDIN, [730](#)  
 Linhas de Transmissão CC, [296](#)  
 LMOT, [188](#)

LPCC, [290](#)  
 LPRT, [691](#)

## M

Malha Inativa, [502](#)  
 MAQ (DLOC), [730](#)  
 MD01, [736](#)  
 MDCI, [167](#)  
 MDLD, [147](#)  
 MDLP, [147](#)  
 MDLQ, [147](#)  
 MDSH, [158](#)  
 MIIF, [572](#)  
 MIND, [730](#)  
 MISCR, [572](#)  
 MRAC, [691](#)  
 MRDC, [691](#)  
 MSCR, [572](#)  
 MTAP, [167](#)  
 Multi-Infeed Interaction Factor, [572](#)  
 Multi-Infeed Interaction Short-Circuit  
 Ratio, [572](#)  
 Multi-Infeed Short Circuit Ratio, [572](#)

## N

NPCNV, [316](#)  
 NUBSH, [159](#)  
 NUFNT, [283](#)  
 NUGER, [238](#)

## O

OLTC, [730](#)  
 ONS, [135](#)  
 OPCNV, [315](#)

## P

PBDFM, [263](#)  
 PBGER, [238](#)  
 PBMOT, [190](#)  
 PBSIS, [485](#)  
 PCAR, [149](#)  
 PCCNV, [314](#)  
 PCCVSI, [335](#)  
 PCDFM, [262](#)  
 PDFM, [261](#)  
 PE1GSE, [272](#)  
 PE2GSE, [272](#)  
 PELE, [237](#)  
 PFFB, [691](#)  
 PH2GSE, [273](#)  
 PHSTRF, [183](#)  
 PHSVSI, [334](#)  
 PI, [572](#)  
 PLDC, [290](#)  
 PLDIN, [150](#)  
 PMDFM, [261](#)  
 PMEC, [238](#)  
 PMGSE, [272](#)

PMOT, **190**  
POLO, **315**  
Potencial de Interação, **572**  
Potencialmente Ativo, **502**  
PRDA, **691**  
PRDFM, **261**  
PSDFM, **261**  
PTERM, **238**  
PTFNT, **283**  
PUNDFM, **261**  
PVSI, **335**

## Q

QBSH, **159**  
QCAR, **149**  
QCDFM, **262**  
QCES, **321**  
QDFM, **261**  
QE1GSE, **272**  
QE2GSE, **272**  
QELE, **238**  
QLDIN, **150**  
QMOT, **190**  
QRDFM, **262**  
QSDFM, **261**  
QSHT, **159**  
QTFNT, **283**  
QVSI, **335**

## R

R0CES, **321**  
Ramo de Entrada, **502**  
Ramo de Saída, **502**  
RCBC, **287**  
RCCNV, **315**  
RCDU, **484**  
RCIR, **169**  
RCLC, **289**  
RCNV, **315**  
RCNV (*Evento*), **311**  
REAT, **170**  
Reator de Alisamento, **295**  
Relés, **518**  
Relés de Proteção, **518**  
RESI, **170**  
RFNT, **280**  
RINF, **234**  
RMCB, **140**  
RMCL, **166**  
RMDF, **258**  
RMFC, **311**  
RMGE, **270**  
RMGR, **233**  
RMMI, **188**  
RMPC, **311**  
RMSV, **319**  
RTRF, **169**  
RTRF (*OLTC*), **183**

RTRVSI, **335**

## S

SB2GSE, **273**  
SBMGSE, **273**  
SCC, **142**  
SCR, **571**  
SEP, **518**  
Short-Circuit Ratio, **571**  
SIN, **135**  
SINARQ, **485**  
SINARQ (*DLOC*), **730**  
Sistemas de Proteção, **518**  
Sistemas Especiais de Proteção, **518**  
SLDFM, **261**  
SLIP, **190**  
SLTC, **182**  
SM01, **315**  
SM02, **315**  
SM03, **316**  
SM04, **316**  
STAPFC, **315**  
STBSH, **159**  
STBUS, **142**  
STCES, **322**  
STCIRC, **170**  
STFNT, **283**  
STGER, **238**  
STLDM, **149**  
STLDP, **149**  
STLDQ, **149**  
STLIND, **170**  
STLINP, **170**  
STSHT, **159**  
SVC, **730**  
SVSI, **335**

## T

TABS, **691**  
TAP, **182**  
TAPMAX, **182**  
TAPMIN, **182**  
TBID, **692**  
TCDU, **484**  
TCNV, **311**  
TCSC, **325**  
TEMD, **691**  
TEMPO, **485**  
TEPQ, **691**  
TETADF, **262**  
TETE, **691**  
TINF, **234**  
TMDFM, **261**  
TMGSE, **272**  
TMOT, **190**  
TMOT (*Evento*), **189**  
TP2GSE, **273**  
TRGT, **234**

TRGV, 234  
 TSAD, 692  
 TSVC, 320  
 TTAP, 182

## U

ULOG 1, 824  
 ULOG 10, 825  
 ULOG 11, 825  
 ULOG 2, 825  
 ULOG 3, 825  
 ULOG 4, 825  
 ULOG 5, 825  
 ULOG 6, 825  
 ULOG 7, 825  
 ULOG 8, 825  
 ULOG 9, 825  
 Unidade Lógica #1, 824  
 Unidade Lógica #10, 825  
 Unidade Lógica #11, 825  
 Unidade Lógica #2, 825  
 Unidade Lógica #3, 825  
 Unidade Lógica #4, 825  
 Unidade Lógica #5, 825  
 Unidade Lógica #6, 825  
 Unidade Lógica #7, 825  
 Unidade Lógica #8, 825  
 Unidade Lógica #9, 825

## V

V0CES, 322  
 V\_i, 136  
 VBDC, 288  
 VBUS, 182  
 VC1GSE, 273  
 VC2GSE, 273  
 VCAG, 238  
 VCCT, 238  
 VCES, 321  
 VCIDFM, 262  
 VCNV, 314  
 VCRDFM, 262  
 VD, 237  
 VDFM, 262  
 VIIFNT, 282  
 VIMFNT, 282  
 VIRFNT, 282  
 VLTC, 182  
 VOLT, 142  
 VOLTI, 142  
 VOLTR, 142  
 VQ, 237  
 VRIDFM, 262  
 VRRDFM, 262  
 VSAC, 322  
 VSAD, 238  
 VSCS, 326  
 VSI, 136

VSI (*DLOC*), 730  
 VSPCSC, 326  
 VTCES, 322  
 VTR, 237  
 VTRGSE, 272

## W

WGSE, 272  
 WMAQ, 238  
 WRDFM, 261  
 WRDFM, 261  
 WRFGSE, 272  
 WRMOT, 190

## X

XCIR, 169  
 XCSC, 326  
 XT2GSE, 273  
 XTRDFM, 263  
 XTRF, 169  
 XTRF (*OLTC*), 183  
 XTRVSI, 335