

Utilizando Redes de Petri Coloridas Hierárquicas no Auxílio à Recomposição de Subestações

Luciano Antônio Calmon Lisbôa

Dissertação de Mestrado submetida à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Campina Grande - Campus de Campina Grande como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências no Domínio da Engenharia Elétrica.

Área de Concentração: Processamento da Informação

Antonio Marcus Nogueira Lima, Dr.

Orientador

Leandro Dias da Silva, Dr.

Orientador

Campina Grande, Paraíba, Brasil

©Luciano Antônio Calmon Lisbôa, Dezembro de 2008

Utilizando Redes de Petri Coloridas Hierárquicas no
Auxílio à Recomposição de Subestações

Luciano Antônio Calmon Lisbôa

Dissertação de Mestrado apresentada em Dezembro de 2008

Antonio Marcus Nogueira Lima, Dr.

Orientador

Leandro Dias da Silva, Dr.

Orientador

Campina Grande, Paraíba, Brasil, Dezembro de 2008

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

L769u Lisboa, Luciano Antônio Calmon.
2008 Utilizando redes de Petri coloridas hierárquicas no auxílio à
recomposição de subestações / Luciano Antônio Calmon Lisboa. —
Campina Grande, 2008.
367 p.: il.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade
Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática.
Referências.

Orientadores: Prof. Dr. Antonio Marcus Nogueira Lima, Prof. Dr.
Leandro Dias da Silva.

1. Automação. 2. Linguagens Formais. 3. Redes de Petri. 4.
Modelagem de Sistemas de Potência. 5. Recomposição de Sistemas de
Potência. 6. Controle de Transmissão de Energia. 7. Subestações. I. Título.

CDU - 621.315: 004.72(043)

**UTILIZANDO REDE DE PETRI COLORIDA HIERÁRQUICA NO AUXÍLIO À
RECOMPOSIÇÃO DE SUBESTAÇÕES**

LUCIANO ANTONIO CALMON LISBOA

Dissertação Aprovada em 05.12.2008


ANTONIO MARCUS NOGUEIRA LIMA, Dr., UFCG
Orientador


LEANDRO DIAS DA SILVA, D.Sc., UFAL
Orientador


ANGELO PERKUSICH, D.Sc., UFCG
Componente da Banca


BENEMAR ALENCAR DE SOUZA, D.Sc., UFCG
Componente da Banca

CAMPINA GRANDE - PB
DEZEMBRO - 2008

Dedicatória

A minha avó Tereza *in memoriam* pelo seu exemplo de amor e carinho.

Agradecimentos

Aos meus pais, Antonio Manoel Lisbôa e Maria do Socorro Calmon Lisbôa, pelo apoio, incentivo, carinho e dedicação imensuráveis, por acreditarem e investirem em mim.

Em especial, a minha esposa Patrícia Lisbôa, pelo apoio, incentivo, compreensão e carinho constantes, por acreditar e me fazer superar todos os obstáculos.

Ao Prof. Antonio Marcus Nogueira Lima que, durante estes dois últimos anos, tem sido não apenas um orientador, mas também um mentor. Seus pontos de vistas e conhecimentos aprofundados têm influenciado bastante minha formação profissional. Serei sempre grato pela sua ajuda e confiança depositada em mim.

Ao Prof. Leandro Dias da Silva, não apenas por ter me fornecido uma excelente orientação, ao mesmo tempo competente, cuidadosa e motivante, mas também por ter sido um ótimo amigo, invariavelmente gentil, atencioso e compreensivo.

À Companhia Hidroelétrica do São Francisco (CHESF) pelo apoio.

Ao gerente do Departamento de Sistemas de Controle (DSC) da CHESF, Eng. Gito Pereira Tribuzi Neto, pelo apoio, incentivo e compreensão sem os quais não seria possível a realização deste trabalho.

Ao gerente da Divisão de Engenharia de Controle de Processo e Proteção de Usinas e Subestações (DEEC) da CHESF, Eng. Hélio Santos de Santana, pelo apoio.

Aos amigos da CHESF: Eng. Alexandre Brito e Eng. Álvaro Tadeu pelas informações esclarecedoras e valiosas.

Aos amigos do Departamento de Engenharia Elétrica (DEE) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG): Jadsonlee, Tomás, todos os demais alunos e membros do Laboratório de Instrumentação e Controle (LIEC) e da Coordenação de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (COPELE), que tornaram a convivência nesta Universidade tão agradável e estimulante.

Resumo

Subestações (SEs) conectam todo o sistema elétrico, permitindo o fluxo de energia. SEs são compostas de equipamentos que comutam, mudam ou regulam a tensão elétrica; funcionam como uma etapa de controle e transferência em um sistema de transmissão elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão e também funcionando como uma etapa de entrega para consumidores industriais. As SEs devem operar, sem interrupções, em suas condições nominais, ou seja, suprindo todas as cargas, para as quais estas foram projetadas. No entanto, desligamentos de SEs, eventos de natureza aleatória, embora não desejáveis, ocorrem nas SEs corriqueiramente. Quando estes desligamentos acontecem, há desdobramentos de natureza social e econômica. Neste contexto, é importante que os serviços de uma SE sejam restabelecidos, de modo seguro e confiável, o mais rápido possível. Neste trabalho, uma solução para recompor uma subestação é proposta, utilizando Redes de Petri Coloridas Hierárquicas (RPCHs), de modo seguro, confiável, rápido e eficiente. Esta solução evita estados proibidos, visando à segurança. RPCHs garantem a corretude. Isto torna esta solução confiável. A dinâmica apresentada nesta solução a faz rápida. Esta solução executa suas ações sem perda de tempo e de modo correto. Isto torna esta solução eficiente. Esta solução tem as vantagens de não ter dificuldade de representar uma base de conhecimento e/ou projetar um mecanismo eficiente de inferência para determinar que ações devem ser tomadas, a partir de um grande volume de conhecimento baseado em regras; não ter limitações de desempenho, trabalhando com múltiplas faltas; não depender do conhecimento do operador. Além disto, esta solução considera os modelos detalhados dos equipamentos da SE; possui uma dinâmica que permite apenas o processamento das informações atualizadas; é robusta, ou seja, se houver problema em adquirir algumas informações e/ou comandar alguns equipamentos, há caminhos alternativos para o sucesso da recomposição de SE; é estruturada e sistematizada, ocasionando uma fácil generalização, facilitando, assim, uma possível manutenção e/ou ampliação; tem provas, através de métodos formais, da sua corretude; possibilita a integração em um caso real. Como estudo de caso, uma subestação real representativa é considerada. Utilizando métodos formais, são possíveis uma formulação e uma solução para este problema através de representações matemáticas estruturadas, escaláveis e compactas. Algoritmos e propriedades do formalismo utilizado permitem análise formalmente. A generalização da solução, não só para diversas subestações, mas também para outras plantas, é também apresentada. Uma sugestão para integrar a solução proposta em sistemas reais torna esta solução em uma aplicação prática e direta. Esta solução pode ser utilizada por empresas de energia elétrica o que pode representar ganhos operacionais e financeiros relevantes.

Abstract

Substations connect all the power system, letting energy flow. They are composed by equipments that switch, change or regulate electrical voltage; work as a transfer and control stage in a power transmission system, directing and controlling electrical flow, changing voltage levels and also serving as a delivery stage to industrial customers. Substations must operate, without interruptions, in their nominal conditions, i.e., supplying all the loads they were projected to. However, substation blackouts, random events, although they are not wished, occur very often. When substation blackouts occur, there are social and economic consequences. In this context, it is important the restoration of the substation services, in a safe and reliable way, as soon as possible. In this work, a solution to restore a substation is proposed, using Hierarchical Coloured Petri Nets (HCPNs), in a safe, reliable, fast and efficient way. This solution avoids prohibited states, aiming to the safety. HCPNs guarantee correctness. This becomes this solution reliable. The presented dynamics in this solution makes it fast. This solution executes its task without time loss and in a correct way. This becomes this solution efficient. This solution has the advantages of not having difficulty of representing a knowledge base and/or projecting an efficient mechanism of inference to determine which actions have to be taken, from a large volume of knowledge based on rules; not having bad performance, working with multiple faults; not having dependency of operator knowledge. Moreover, this solution considers the detailed models of the substation equipments; has a dynamics which just allows updated information processing; is robust, i.e., if a problem to acquire some information or command some equipment occurs, alternative ways to accomplish substation restoration successfully are considered; is structured and systematized, causing an easy generalization and therefore facilitating a possible maintenance and/or ampliation of this system; proves, through formal methods, its correctness; is possible to integrate in a real case. As case study, a representative real substation is considered. Using formal methods, a formulation and solution to this problem through structured, scalable and compact mathematical representations are possible. Algorithms and proprieties of the used formalism let analysis formally. Generalization of the solution not only to several substations, but also to other plants, is also presented. A suggestion to integrate the proposed solution in real systems becomes this solution in a direct and practical application. This solution can be used by electrical companies what can represent relevant financial and operational gains.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	A Relevância da Energia Elétrica	1
1.2	A Indústria da Eletricidade	2
1.3	O Sistema Elétrico de Potência	2
1.4	As Subestações	3
1.5	O Problema e a Motivação	5
1.6	O Objetivo e as Justificativas	6
1.7	A Organização do Trabalho	6
2	Revisão Bibliográfica	8
2.1	Sistemas Especialistas	8
2.2	Sistemas Multi-Agentes	8
2.3	Pesquisas Heurísticas	9
2.4	Redes de Petri	9
2.5	O Cenário Atual e as Proposições do Trabalho	10
3	Princípios Básicos de Sistemas a Eventos Discretos	12
3.1	Linguagens e Autômatos	12
3.1.1	Representação de Linguagens	14
3.2	Redes de Petri	15
3.2.1	Redes de Petri Coloridas	23
3.2.2	Redes de Petri Coloridas Hierárquicas	25
3.2.3	Controle de Redes de Petri	27
3.2.4	Análise Formal	28
3.2.5	Propriedades Estáticas e Dinâmicas de Redes de Petri Coloridas	30
3.3	As Razões	31
4	Recomposição de Subestações	33
4.1	O Problema Detalhado	33
4.2	Método Proposto	35

4.2.1	Modelos Básicos	36
4.3	Observações Importantes	41
5	Estudo de Caso	44
5.1	O Normativo Operacional de Recomposição da Subestação Sobral III	46
5.1.1	Etapas Principais	46
5.1.2	Etapas Complementares	47
5.1.3	Caracterização do Desligamento	48
5.1.4	Considerações sobre o Normativo Operacional	49
5.1.5	Alguns Compromissos da Formulação e da Resolução do Problema	50
5.2	Relações entre o Normativo Operacional e as Modelagens	51
5.3	A Estratégia	52
6	Generalização	53
6.1	Uma Subestação	53
6.2	Duas Subestações	58
6.3	"N" Subestações	59
6.4	Outras Plantas	59
6.5	Os Efeitos	61
7	Sugestão de Integração	66
7.1	Descrição dos Requisitos	66
7.1.1	A Linguagem	66
7.1.2	Os Autores e os Requisitos	69
7.2	Uma Subestação	73
7.3	"N" Subestações	74
7.4	Uma Planta	75
7.5	As Conseqüências	76
8	Modelos para Recomposição	77
8.1	As Proposições do Trabalho Detalhadas	77
8.2	A Sincronização com o Sistema Supervisório	78
8.3	Relações entre o Normativo Operacional, Modelagens e as Páginas	78
8.4	Relações entre a Subestação e os Vãos com as Páginas	80
8.5	Modelagem das Sub-Redes da Solução Proposta	81
8.5.1	Modelo de um Disjuntor de Potência	81
8.5.2	Modelo de uma Chave Seccionadora	96
8.5.3	Modelo de um Comutador de Derivação em Carga	104
8.5.4	Modelo do Estado de uma Subestação	122

8.5.5	Modelo da Hierarquia de Controle de uma Subestação	127
8.6	Modelagem das Redes da Solução Proposta	134
8.6.1	Modelo por Subestação	134
8.6.2	Modelos por Vão	135
8.7	Considerações Parciais	174
8.7.1	As Transições de Substituição do Modelo Proposto	177
8.8	O Modelo Global	220
9	Análise	227
9.1	Modificações Preliminares e Simplificação do Modelo Proposto	227
9.2	Análises de Espaços de Estados Completos	232
9.3	Verificações com Lógica Temporal ASK-CTL	236
9.4	Simulações	239
9.4.1	Exemplo 1	240
9.4.2	Exemplo 2	244
9.4.3	Contra-Exemplo 1	249
9.4.4	Contra-Exemplo 2	251
9.5	Os Desdobramentos	253
10	Conclusão	255
10.1	Compromissos	255
10.2	Contribuições	256
10.3	Sugestões de Trabalhos Futuros	257
A	Relatório das Análises de Espaços de Estados Completos	259
A.1	Modelo Simplificado	259
B	Relatórios das Simulações	274
B.1	Exemplo 1	274
B.2	Exemplo 2	300
B.3	Contra-Exemplo 1	324
B.4	Contra-Exemplo 2	342
	Referências Bibliográficas	363

Lista de Símbolos e Abreviaturas

86C	Relé de Bloqueio de Comutador de Derivação em Carga
86L	Relé de Bloqueio de Linha de Transmissão
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ATR	Autotransformador
BT	Bay de Transferência
CA	Corrente Alternada
CC	Corrente Contínua
CCF	Componente Conectado Fortemente
CDC	Comutador de Derivação em Carga
Ch.	Chaves
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CNPE	Conselho Nacional de Políticas Energéticas
CRON	Centro Regional de Operação Norte
Disj.	Disjuntor
IHM	Interface Humano-Máquina
kV	Kilovolts
LT	Linha de Transmissão
MAE	Mercado Atacadista de Energia Elétrica
MD	Mini-Disjuntor
MME	Ministério de Minas e Energia
MPCCSR	Medição, Proteção, Comando, Controle, Supervisão e Regulação
MWh	Megawatts-hora
N2	Nível 2
ONS	Operador Nacional do Sistema Elétrico

RP	Rede de Petri
RPC	Rede de Petri Colorida
RPCH	Rede de Petri Colorida Hierárquica
SE	Subestação
Secc.	Seccionadora
SED	Sistema a Eventos Discretos
SF6	Hexafluoreto de Enxofre
SIN	Sistema Interligado Nacional
TC	Transformador de Corrente
TP	Transformador de Potencial
UHE	Usinas Hidrelétricas
UML	Unified Modeling Language
VCA	Volts em Corrente Alternada
VCC	Volts em Corrente Contínua

Lista de Tabelas

6.1	Equivalência entre a Figura 6.14 e a Figura 6.13.	63
7.1	Exemplo de Seqüência de Eventos.	69
7.2	Seqüência de Eventos do Caso de Uso " <i>Iniciar Recomposição Automática de Subestação</i> ".	70
7.3	Seqüência de Eventos do Caso de Uso " <i>Recompor Subestação</i> ".	71
7.4	Seqüência de Eventos do Caso de Uso " <i>Enviar Eventos e Grandezas Analógicas</i> ".	72
7.5	Seqüência de Eventos do Caso de Uso " <i>Visualizar o Automatismo de Recomposição de Subestação</i> ".	73

Lista de Figuras

1.1	Sistema Elétrico de Potência Típico.	3
1.2	Mapa do Sistema Elétrico do Nordeste Brasileiro.	4
3.1	Autômato que Marca a Linguagem $L = \{a, aa, ba, aaa, aba, baa, bba, \dots\}$	15
3.2	Grafo de Rede de Petri Simples.	18
3.3	Duas Marcações, x_1 e x_2 , para o Grafo da Rede de Petri Exemplo.	19
3.4	Seqüências de Disparos de Transição em uma Rede de Petri.	20
3.5	Exemplo de Declarações de Redes de Petri Coloridas no CPN Tools.	23
3.6	Elementos Básicos de uma Rede de Petri Colorida: <i>LUGAR</i> , <i>ARCO</i> e <i>TRANSIÇÃO</i>	24
3.7	Exemplo de uma Rede de Petri Colorida com seus Elementos Básicos no CPN Tools.	25
3.8	Rede de Petri Não-Controlada e Rede de Petri "Aumentada".	27
4.1	Exemplo.	34
4.2	Diagrama em Blocos.	35
4.3	Autômato da Modelagem de Subestação Desenergizada.	37
4.4	Autômato da Modelagem do Comando de Diminuir a Relação de Transformação de um Comutador de Derivação em Carga.	40
4.5	Autômato da Modelagem Individual dos Demais Comandos Associados a Equipamentos.	42
5.1	Diagrama Unifilar Simplificado da Subestação Sobral III.	45
6.1	Diagrama em Blocos da Representação da Sub-Rede que Modela um Disjuntor de Potência.	54
6.2	Diagrama em Blocos da Representação da Sub-Rede que Modela uma Chave Seccionadora.	54
6.3	Diagrama em Blocos da Representação da Sub-Rede que Modela um Comutador de Derivação em Carga.	54

6.4	Diagrama em Blocos da Representação da Sub-Rede que Modela o Estado de uma Subestação.	55
6.5	Diagrama em Blocos da Representação da Sub-Rede que Modela o Controle de uma Subestação.	55
6.6	Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela uma Subestação.	56
6.7	Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela o Vão 5A. . .	56
6.8	Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela o Vão 5C. . .	56
6.9	Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela o Vão 5B. . .	57
6.10	Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela o Vão BT de 230 kV.	57
6.11	Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela o Vão 4B. . .	58
6.12	Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela o Vão 4D. . .	58
6.13	Diagrama em Blocos Detalhado da Integração dos Modelos de Redes. . . .	62
6.14	Diagrama em Blocos Simplificado da Integração dos Modelos de Redes. . .	62
6.15	Diagrama em Blocos Simplificado da Solução para Duas SEs Sobral III Fictícias.	64
6.16	Diagrama em Blocos Simplificado da Solução para "N" SEs Sobral III Fictícias.	64
6.17	Diagrama em Blocos da Representação da Estruturação do Modelo Global de uma Planta.	65
7.1	Exemplo de Caso de Uso.	67
7.2	Exemplo de Ator.	67
7.3	Exemplo de Associação.	68
7.4	Exemplo de Diagrama de Caso de Uso.	68
7.5	Diagrama do Caso de Uso " <i>Iniciar Recomposição Automática de Subestação</i> ".	70
7.6	Diagrama do Caso de Uso " <i>Recompôr Subestação</i> ".	71
7.7	Diagrama do Caso de Uso " <i>Enviar Eventos e Grandezas Analógicas</i> ". . . .	72
7.8	Diagrama do Caso de Uso " <i>Visualizar o Automatismo de Recomposição de Subestação</i> ".	73
7.9	Diagrama em Blocos da Sugestão de Integração com o Sistema de MPCCSR de uma Subestação.	74
7.10	Diagrama em Blocos da Sugestão de Integração com o Sistema de MPCCSR de "N" Subestações.	75
7.11	Diagrama em Blocos da Sugestão de Integração com o Sistema de uma Planta.	75
8.1	Diagrama em Blocos das Proposições do Trabalho.	77

8.2	<i>Página</i> da Modelagem do Comando de " <i>Reset</i> " do Relé de Bloqueio 86l do Disjuntor de Potência 14L3 no Estado Inicial.	92
8.3	<i>Página</i> da Modelagem do Comando de Abrir do Disjuntor de Potência 14L3 no Estado Inicial.	93
8.4	<i>Página</i> da Modelagem do Comando de Fechar do Disjuntor de Potência 14L3 no Estado Inicial.	95
8.5	<i>Página</i> da Modelagem do Comando de Fechar da Chave Seccionadora 35E4-8 no Estado Inicial.	104
8.6	<i>Página</i> da Modelagem do Comando de " <i>Reset</i> " do Relé de Bloqueio 86c do Comutador de Derivação em Carga do Autotransformador 05T1 no Estado Inicial.	114
8.7	<i>Página</i> da Modelagem do Comando de Selecionar o Comando do Comutador de Derivação em Carga do Autotransformador 05T1 para Manual no Estado Inicial.	115
8.8	<i>Página</i> da Modelagem do Comando de Diminuir o Tap do Comutador de Derivação em Carga do Autotransformador 05T1 no Estado Inicial.	117
8.9	<i>Página</i> da Modelagem do Comando de Selecionar o Comando do Comutador de Derivação em Carga do Autotransformador 05T1 para Automático no Estado Inicial.	120
8.10	<i>Página</i> da Modelagem do Estado da Subestação no Estado Inicial.	127
8.11	<i>Página</i> da Modelagem da Seleção da Hierarquia de Controle de uma Subestação para Operar pelo Nível 2 no Estado Inicial.	134
8.12	<i>Página</i> da Modelagem dos Comandos de " <i>Reset</i> " dos Relés de Bloqueio 86l dos Disjuntores de Potência do Vão 5A no Estado Inicial.	136
8.13	<i>Página</i> da Modelagem dos Comandos de " <i>Reset</i> " dos Relés de Bloqueio 86l dos Disjuntores de Potência do Vão 5B no Estado Inicial.	139
8.14	<i>Página</i> da Modelagem dos Comandos de " <i>Reset</i> " dos Relés de Bloqueio 86l dos Disjuntores de Potência do Vão 5C no Estado Inicial.	141
8.15	<i>Página</i> da Modelagem do Comando de " <i>Reset</i> " do Relé de Bloqueio 86l do Disjuntor de Potência do Vão 4B no Estado Inicial.	143
8.16	<i>Página</i> da Modelagem dos Comandos de Fechar das Chaves Seccionadoras, Associadas aos Reatores do Vão 5A, no Estado Inicial.	147
8.17	<i>Página</i> da Modelagem dos Comandos de Abrir dos Disjuntores de Potência do Vão 5A no Estado Inicial.	151
8.18	<i>Página</i> da Modelagem dos Comandos de Abrir dos Disjuntores de Potência do Vão 5B no Estado Inicial.	153

8.19	<i>Página</i> da Modelagem dos Comandos de Abrir dos Disjuntores de Potência do Vão 5C no Estado Inicial.	155
8.20	<i>Página</i> da Modelagem do Comando de Abrir do Disjuntor de Potência do Vão BT de 230 kV no Estado Inicial.	157
8.21	<i>Página</i> da Modelagem do Comando de Abrir do Disjuntor de Potência 14L2 no Estado Inicial.	158
8.22	<i>Página</i> da Modelagem dos Comandos de Fechar dos Disjuntores de Potência do Vão 5A no Estado Inicial.	163
8.23	<i>Página</i> da Modelagem do Comando de Fechar do Disjuntor de Potência 14L2 no Estado Inicial.	166
8.24	<i>Página</i> da Modelagem dos Comandos de Fechar dos Disjuntores de Potência do Vão 5C no Estado Inicial.	168
8.25	<i>Página</i> da Modelagem dos Comandos de Fechar dos Disjuntores de Potência do Vão 5B no Estado Inicial.	171
8.26	Declarações do Modelo Proposto.	174
8.27	<i>Sub-Página</i> da <i>Transição de Substituição</i> <i>ts_aqv5b86lresnaltestcondman</i> no Estado Inicial.	180
8.28	<i>Sub-Página</i> da <i>Transição de Substituição</i> <i>ts_aqv5c86lresnaltestcondman</i> no Estado Inicial.	181
8.29	<i>Sub-Página</i> da <i>Transição de Substituição</i> <i>ts_aqv4b86lresnaltestcondman</i> no Estado Inicial.	181
8.30	<i>Sub-Página</i> da <i>Transição de Substituição</i> <i>ts_aqv4d86lresnaltestcondman</i> no Estado Inicial.	182
8.31	<i>Sub-Página</i> da <i>Transição de Substituição</i> <i>ts_aqv5ccdc86cresnaltestcondman</i> no Estado Inicial.	183
8.32	<i>Sub-Página</i> da <i>Transição de Substituição</i> <i>ts_aqv5areachfenaltestcondman</i> no Estado Inicial.	184
8.33	<i>Sub-Página</i> da <i>Transição de Substituição</i> <i>ts_aqv5breachfenaltestcondman</i> no Estado Inicial.	185
8.34	<i>Sub-Página</i> da <i>Transição de Substituição</i> <i>ts_aqv5adjabnaltestcondman</i> no Estado Inicial.	186
8.35	<i>Sub-Página</i> da <i>Transição de Substituição</i> <i>ts_aqv5bdjabnaltestcondman</i> no Estado Inicial.	187
8.36	<i>Sub-Página</i> da <i>Transição de Substituição</i> <i>ts_aqv5cdjabnaltestcondman</i> no Estado Inicial.	188
8.37	<i>Sub-Página</i> da <i>Transição de Substituição</i> <i>ts_aqvbt230djabnaltestcondman</i> no Estado Inicial.	189

8.38	<i>Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqu4bdjabnaltestcondman$ no Estado Inicial.</i>	190
8.39	<i>Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqu4ddjabnaltestcondman$ no Estado Inicial.</i>	191
8.40	<i>Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqu5ccdcselcmdmannaltestcondman$ no Estado Inicial.</i>	192
8.41	<i>Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqu5ccdccmddimnaltestcondman$ no Estado Inicial.</i>	193
8.42	<i>Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqu5adjfenaltestcondman$ no Estado Inicial.</i>	194
8.43	<i>Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqu4bdjfenaltestcondman$ no Estado Inicial.</i>	195
8.44	<i>Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqu4ddjfenaltestcondman$ no Estado Inicial.</i>	221
8.45	<i>Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqu5cdjfenaltestcondman$ no Estado Inicial.</i>	222
8.46	<i>Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqu5bdjfenaltestcondman$ no Estado Inicial.</i>	223
8.47	<i>Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqu5ccdcselcmdautomnaltestcondman$ no Estado Inicial.</i>	224
8.48	Relações entre as <i>Super-Páginas</i> e as <i>Sub-Páginas</i> do Modelo Proposto.	225
8.49	Exemplificação do "Modelo Global" da Subestação Sobral III no Estado Inicial.	226
9.1	Diagrama em Blocos da Representação da Estruturação do Modelo Simplificado.	232
9.2	Parte dos Espaços de Estados Completos para Verificação do Modelo Simplificado.	235
9.3	Diagrama de Seqüências de Mensagens, Associado à Etapa 1, do Exemplo 1.	242
9.4	Diagrama de Seqüências de Mensagens, Associado à Etapa 2, do Exemplo 1.	243
9.5	Diagrama de Seqüências de Mensagens, Associado às Etapas 3, 4 e 5, do Exemplo 1.	244
9.6	Diagrama de Seqüências de Mensagens, Associado às Etapas 15 e 16, do Exemplo 1.	245
9.7	Diagrama de Seqüências de Mensagens, Associado às Etapas 17 e 18, do Exemplo 1.	245
9.8	Diagrama de Seqüências de Mensagens, Associado às Etapas 19, 20 e 21, do Exemplo 1.	246

9.9	Diagrama de Seqüências de Mensagens, Associado às Etapas 22, 23 e 24, do Exemplo 1.	247
9.10	Diagrama de Seqüências de Mensagens, Associado às Etapas 33 e 34, do Exemplo 2.	248

Capítulo 1

Introdução

O setor elétrico é o setor produtivo da sociedade responsável pela política, diretriz, planejamento, garantia de suprimento, regulação, concessão, supervisão, controle, operação, contabilização, liquidez, execução e prestação de serviços relacionados com a eletricidade.

No âmbito nacional, estas responsabilidades são divididas por vários órgãos, conforme mostrados a seguir.

- Políticas e Diretrizes: Congresso Nacional, Conselho Nacional de Políticas Energéticas (CNPE) e Ministério de Minas e Energia (MME) ;
- Planejamento e Garantia do Suprimento: MME;
- Órgão Regulador e Poder Concedente: Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL);
- Supervisão, Controle e Operação dos Sistemas: Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS);
- Contabilização e Liquidação: Mercado Atacadista de Energia Elétrica (MAE);
- Execução e Prestação dos Serviços: Agentes de Geração, Transmissão, Distribuição e Consumo.

1.1 A Relevância da Energia Elétrica

A energia elétrica ocupa lugar de destaque, haja vista a dependência que o progresso econômico tem com a qualidade dos serviços elétricos prestados à sociedade. Esta qualidade depende de como as empresas de eletricidade projetam e mantêm os sistemas elétricos de potência (TALUKDAR; RAMESH, 1992).

A energia elétrica proporciona à população desenvolvimento econômico, conduzindo a sociedade moderna a tornar-se cada vez mais dependente de seu fornecimento, e mais

suscetível às falhas de fornecimento do sistema elétrico. Esta dependência dos consumidores de energia elétrica traduz-se em exigências por melhor qualidade de serviço (JARDINI, 1996).

1.2 A Indústria da Eletricidade

A indústria de eletricidade, durante muito tempo, caracterizou-se como monopólios regionais de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (PESCHMAN, 1998). Neste modelo do setor elétrico com monopólios regionais de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, as transformações, mudanças e evoluções tecnológicas ocorriam de forma gradual. As usinas e subestações eram assistidas continuamente por operadores que trabalhavam em regime de turno (WALKER; ZADEH; MEYER, 1997).

Nos últimos anos, a indústria de eletricidade, em nível mundial, está sendo submetida a fortes mudanças, com grandes transformações e quebras de paradigmas em tecnologia e ambiente de negócios, provocadas principalmente pela globalização da economia e a abertura de mercado de energia (PESCHMAN, 1998). Uma das motivações destas transformações tem sido o processo de desregulamentação do setor elétrico e o avanço tecnológico. Os países estão reestruturando o setor elétrico e implantando novos modelos de gestão para enfrentar os desafios advindos da abertura do mercado de energia (PESCHMAN, 1998; WALKER; ZADEH; MEYER, 1997; APOSTOLOV; MONNIER; TAYLOR, 1997). A desregulamentação do setor elétrico tem provocado uma forte mudança nas empresas de energia elétrica.

Neste novo cenário de desregulamentação, as empresas do setor elétrico têm se tornado mais dinâmicas, visando a tornarem-se flexíveis, ágeis e competitivas: as estruturas internas estão sendo reformuladas, os custos estão sendo reduzidos, investimentos estão sendo feitos de forma intensiva e planejada na melhoria da qualidade dos produtos e serviços e em pesquisas por novas tecnologias (PESCHMAN, 1998). Objetivando sobreviver no cenário atual, as indústrias de eletricidade necessitam aumentar a quantidade dos seus clientes, ampliar as áreas de atuação e investir na modernização. Para tal, não só intensificam a divulgação dos produtos e serviços, mas também buscam, em leilões, novas concessões, visando à geração de novos negócios.

1.3 O Sistema Elétrico de Potência

Um sistema elétrico de potência típico consiste, basicamente, de sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. Na Figura 1.1, tem-se a representação de um sistema elétrico de potência típico com as fases de geração, transmissão, distribuição e

utilização de energia elétrica, sendo exemplificadas. Geradores produzem energia elétrica. A geração pode ter origem: hidráulica, a diesel, térmica, termonuclear, a gás ou eólica. Linhas de transmissão transmitem grande volume de energia, freqüentemente, por uma longa distância. O sistema de transmissão consiste de linhas de transmissão de alta tensão - 69 a 750 Kilovolts (kV) - conectadas em rede. Na Figura 1.2, tem-se o mapa do sistema elétrico do nordeste brasileiro, onde é possível observar que as Subestações (SEs) conectam todo o sistema elétrico, permitindo o fluxo de energia. Predominantemente, as linhas de transmissão são em Corrente Alternada (CA) e diferem apenas quantitativamente, mas há também algumas linhas de transmissão em Corrente Contínua (CC) que é qualitativamente diferente das em CA. Os pontos de conexão são SEs. Sistemas de distribuição fornecem energia a consumidores individualmente. O sistema de distribuição consiste de alimentadores de menor tensão (1,1-69 kV) que distribui energia da SE para cargas individuais.

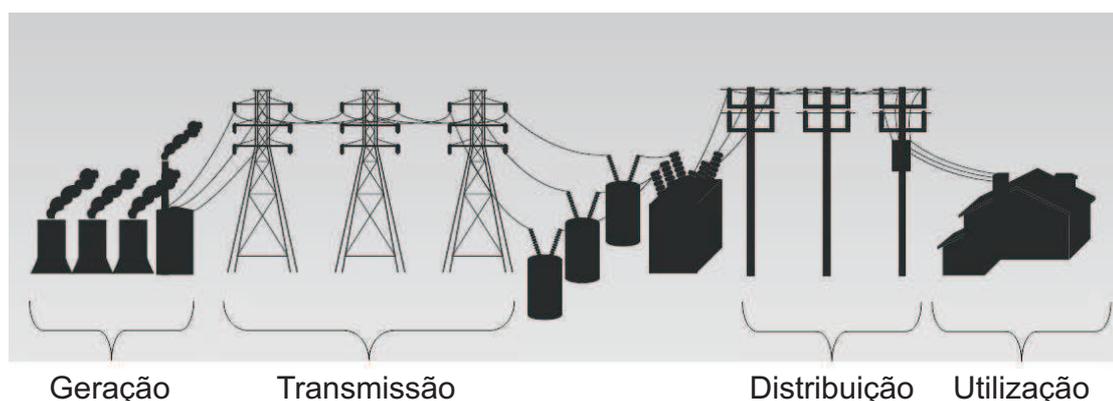


Figura 1.1: Sistema Elétrico de Potência Típico.

1.4 As Subestações

SEs são compostas de equipamentos (disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores, reatores, etc) que comutam, mudam ou regulam a tensão elétrica. Funcionam como uma etapa de controle e transferência em um sistema de transmissão elétrica, direcionando e controlando o fluxo energético, transformando os níveis de tensão e também funcionando como uma etapa de entrega para consumidores industriais.

No percurso entre as usinas e as cidades, a eletricidade passa por diversas SEs, onde transformadores aumentam ou diminuem a sua tensão. Ao elevar a tensão elétrica no início da transmissão (500 kV, por exemplo), os transformadores evitam a perda excessiva de energia ao longo do caminho. Já ao rebaixarem a tensão elétrica perto dos centros urbanos (13,8 kV, por exemplo), permitem a distribuição da energia por toda a cidade. Apesar de



Figura 1.2: Mapa do Sistema Elétrico do Nordeste Brasileiro.

mais baixa, a tensão utilizada nas redes de distribuição ainda não está adequada para o consumo residencial imediato. A instalação de transformadores, nos postes das ruas para reduzir ainda mais a voltagem da energia (110 VCA ou 220 VCA, por exemplo) que vai diretamente para as residências, comércios e outros locais de consumo, é necessária. É importante lembrar que o fornecimento de energia elétrica no Brasil é feito por meio de um complexo sistema de SEs e linhas de transmissão, interligadas às várias usinas de diversas empresas. Assim, uma cidade não recebe energia de uma única usina, e sim a energia gerada por diversas Usinas Hidrelétricas (UHE), termelétricas e nucleares, dependendo da região.

A SE deve operar, sem interrupções, em suas condições nominais, ou seja, suprindo

todas as cargas, para a qual esta foi projetada. No entanto, desligamentos de SEs, eventos de natureza aleatória, embora não desejáveis, ocorrem nas SEs corriqueiramente. Considerando-se os dados operacionais da Companhia Hidrelétrica do São Francisco (CHESF), uma empresa estatal brasileira geradora e transmissora de energia elétrica, de janeiro a abril de 2005, as 10 maiores ocorrências desta natureza (desligamentos de SEs) indisponibilizaram 1.075,768 Megawatts-hora (MWh) com tempo médio de duração de 30 minutos para cada uma delas. Os valores financeiros associados a MWh dependem dos contratos comerciais.

1.5 O Problema e a Motivação

Quando estes desligamentos acontecem, há desdobramentos de natureza social e econômica. Os desdobramentos sociais são em virtude da interrupção do fornecimento de energia elétrica para a sociedade: residências, escolas, hospitais, indústrias, etc. Já os econômicos, no Brasil, são em função da tarifação proveniente do ONS. O ONS, responsável pela coordenação e controle da operação das instalações de geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional (SIN), sob a fiscalização e regulação da ANEEL, tarifa através da parcela variável, hoje, em implantação, no setor elétrico brasileiro. Esta tarifação, para desligamentos não programados, representa uma multa de até mais de 100 (cem) vezes o valor arrecadado por minuto em caso de indisponibilidade de fluxo de energia elétrica por parte da transmissora, ou seja, a transmissora além de não receber o valor da receita de fornecimento de energia elétrica, tem de pagar uma multa de até mais de 100 (cem) vezes o valor que seria arrecado, caso não tivesse interrompido o fluxo de energia elétrica. Neste contexto, é importante que os serviços de uma SE sejam restabelecidos, de modo seguro e confiável, o mais rápido possível.

Após um desligamento, a tarefa de recompor uma SE é complexa, estressante e indispensável para os operadores da instalação. Atualmente, os operadores executam esta tarefa - manualmente - de acordo com normativos operacionais que estabelecem os procedimentos a serem cumpridos para a recomposição. Durante a execução manual destes procedimentos, há riscos de erros eventuais de manobras, principalmente, em virtude de que os operadores, de modo geral, não operam o sistema elétrico desenergizado. Deste modo, o desenvolvimento de um sistema de auxílio à recomposição, auxiliando o operador, durante estas tarefas, constitui-se em um problema relevante. Tal sistema proporcionaria: redução do tempo necessário para a realização de manobras nas instalações - reduzindo o tempo de indisponibilidade do fluxo de energia; melhoria dos processos internos das concessionárias de energia elétrica e da qualidade dos serviços realizados por estas; aumento da lucratividade das concessionárias de energia elétrica, através da maior disponibilidade

do fluxo de energia, evitando-se também a incidência de multas pela indisponibilidade dos serviços prestados aos clientes.

1.6 O Objetivo e as Justificativas

Com o advento da tecnologia de sistemas digitais de Medição, Proteção, Comando, Controle, Supervisão e Regulação (MPCCSR) para SEs, na qual temos computadores industriais, relés digitais e redes de alta velocidade e disponibilidade em fibra ótica, desempenhando estas funções, a dinâmica da SE pode ser considerada como discreta. O uso dos princípios de Sistemas a Eventos Discretos (SEDs) para formular e resolver o problema de recomposição de SEs é justificável, devido às seguintes características:

- Natureza: a dinâmica do sistema a ser modelado pode ser considerada como a de um SED;
- Complexidade: representação da dinâmica complexa de um SED em linguagens formais;
- Metodologia: possibilidade de fácil generalização por se tratar de uma solução estruturada e sistematizada;
- Escalabilidade: solução escalável em modo gráfico;
- Corretude: uso de métodos formais, visando à segurança e à confiabilidade da solução proposta, haja vista tratar-se de um SED crítico;
- Eficiência: uso de ferramentas computacionais que implementam os algoritmos dos princípios de SEDs, visando à comprovação da eficiência da solução proposta.

Sendo assim, torna-se necessária uma abordagem que utilize os princípios de SEDs para formular e resolver o problema de recomposição de SEs.

1.7 A Organização do Trabalho

Esta dissertação está organizada em dez capítulos. No Capítulo 2, é apresentada uma revisão bibliográfica sobre a forma como o assunto vem sendo tratado no mundo acadêmico, citando, inclusive, quais as limitações que estas soluções têm e como a solução proposta pretende resolvê-las.

No Capítulo 3, são descritas as representações matemáticas compactas, estruturadas e escaláveis dos modelos propostos, que facilitam uma eventual atualização do sistema de

auxílio à recomposição, quando, por exemplo, houver necessidade de manutenção e/ou ampliação da instalação, e os seus respectivos algoritmos e propriedades que permitem uma análise formal da solução proposta neste trabalho.

No Capítulo 4, são apresentados o problema de recomposição de subestações com o objetivo de entendê-lo e o método proposto para formular e resolver este problema.

No Capítulo 5, são apresentadas a interpretação e a tradução dos procedimentos de recomposição - que estabelecem as manobras a serem realizadas, quando da necessidade de recompor uma instalação - em um algoritmo estruturado e escalável de um caso prático de uma SE, para que se possa formular e resolver o problema de recomposição de subestações.

No Capítulo 6, é mostrada a generalização da solução proposta neste trabalho, que pode ser utilizada, não só para diversas subestações, como também para outras plantas.

No Capítulo 7, inicialmente, uma descrição dos requisitos da solução proposta é apresentada. Em seguida, é mostrada uma sugestão de integração da solução proposta, neste trabalho, não só com o sistema de MPCCSR de uma SE, mas também com as generalizações da solução proposta neste trabalho, ou seja, para diversas SEs e para uma outra planta, além de SEs. Uma forma de tratar o problema de complexidade na integração com sistemas reais é também considerada.

No Capítulo 8, são apresentadas a transformação da interpretação dos procedimentos de recomposição em sub-redes, em Redes de Petri Coloridas (RPCs), que são utilizadas - de modo estruturado e escalável - na composição das redes em Redes de Petri Coloridas Hierárquicas (RPCHs), e a composição das sub-redes em redes, em RPCHs, para formular e resolver o problema de recomposição de subestações.

No Capítulo 9, são apresentadas a verificação - análises de espaços de estados completos e verificações dos modelos - e a validação - simulações e diagramas de seqüências de mensagens - da solução proposta com o objetivo de, formalmente, analisá-la.

Finalizando, no Capítulo 10, são apresentadas as conclusões deste trabalho: compromissos, contribuições e sugestões de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Revisão Bibliográfica

Nos últimos anos, muitas pesquisas têm sido realizadas no sentido de tratar de forma adequada o problema relacionado à recomposição de sistemas elétricos de potência (HSU et al., 1992; SAKAGUCHI; MATSUMOTO, 1983; KOJIMA et al., 1989a, 1989b; LIU et al., 1993; KIRSCHEN; VOLKMANN, 1996; LEE; PARK, 1993; LIU; LEE; VENKATA, 1988; SCHALZ; WOLLENBERG, 1996; KUO; HSU, 1993; ZHOU; SHIRMOHAMMADI; LIU, 1997).

2.1 Sistemas Especialistas

Associadas a mecanismos de inferência, diversas técnicas de sistemas especialistas baseadas no conhecimento (SAKAGUCHI; MATSUMOTO, 1983; KOJIMA et al., 1989a, 1989b; LIU et al., 1993; KIRSCHEN; VOLKMANN, 1996; LEE; PARK, 1993; LIU; LEE; VENKATA, 1988; CHEN; LIN; TSAI, 2002) têm sido propostas para guiar os operadores, quando da necessidade destes recompor uma instalação. Contudo, uma das limitações destas técnicas é a dificuldade de se representar uma base de conhecimento e/ou projetar um mecanismo de inferência eficiente para determinar quais ações devem ser tomadas, a partir de um grande volume de conhecimento baseado em regras.

2.2 Sistemas Multi-Agentes

Sistemas multi-agentes (NAGATA et al., 2000, 2002, 2002, 2003, 2004, 2004b; NAGATA; TAO; FUJITA, 2004; NAGATA; TAHARA; FUJITA, 2005; NAGATA et al., 2004a; LIU et al., 2005b) também têm sido propostos como sendo uma solução para o problema de recomposição de instalações. No entanto, esta solução tem apresentado limitações de desempenho, ao lidar com múltiplas faltas.

2.3 Pesquisas Heurísticas

Uma outra forma de abordar o problema é através de soluções de pesquisas heurísticas (HSU et al., 1992; SCHALZ; WOLLENBERG, 1996; KUO; HSU, 1993; ZHOU; SHIRMOHAMMADI; LIU, 1997; HSU; KUO, 1994; CHEN; LIN; TSAI, 2002; LIU et al., 2005c, 2005a; BRETAS; PHADKE, 2003) associadas a métodos de programação específicos. Entretanto, uma das limitações desta solução é a grande dependência que esta solução tem do conhecimento dos operadores, comprometendo, desta forma, a aquisição do conhecimento e o desempenho da solução.

2.4 Redes de Petri

O uso de Redes de Petri (RPs) para solucionar problemas relacionados a aplicações em sistemas elétricos de potência (LIN et al., 2006) tem recebido grande atenção, sendo esta técnica utilizada para diagnosticar faltas em sistemas de distribuição (YANG; YOKOYAMA, 1993), esquema de proteção de relés (JENKINS; KHINCHA, 1992; WANG; TANG, 1996), escalonamento de sistemas de transmissão de energia elétrica (WU et al., 1997; CHENG; FANG, 2003; FOUNTAS; HATZIARGYRIOU; VALAVANIS, 1997; MA et al., 2005), recomposição de sistemas de distribuição de energia elétrica (WU, 1998; CHEN; LIN; TSAI, 2002; HUANG et al., 1998; SUN; SONG, 2004), etc. Servindo como uma ferramenta de modelagem, na forma de representações gráficas, as RPs são usadas para simular a dinâmica de um sistema, incluindo a seqüência da ocorrência de eventos e podendo, também, ter a referência de tempo. O conhecimento ou a configuração do sistema a ser representado em RPs pode, desta forma, ser expressado sistematicamente, através de uma linguagem matemática estruturada com paralelismo e sincronismo da dinâmica das informações.

Um sistema de representação de conhecimento, através de RPs, foi proposto, para realizar automaticamente o plano de recomposição de uma SE (HUANG et al., 1998). O conhecimento de restaurar uma SE, após uma falta, é obtido a partir do conhecimento dos operadores e dos procedimentos operacionais. Um modelo em RPs, correspondendo a uma base de regras do sistema especialista tradicional, é construído, de acordo com a configuração da SE, os estados das proteções e as regras heurísticas. Baseado no conceito de programação orientada a objetos (NEYER; WU; IMHOF, 1990), o modelo em RPs é composto de diversos sub-modelos em RPs para seções individuais (e.g., barramento de 69kV, transformadores, linhas de transmissão) e funções de operação (e.g., isolamento da seção da falta ou recomposição das cargas). Então, o modelo em RPs estabelecido é representado em matrizes binárias e, através da metodologia de operação de matrizes, a recomposição é efetuada. Todavia, esta solução tem algumas limitações, tais como:

dependência do conhecimento dos operadores, comprometendo, desta forma, a aquisição do conhecimento e o desempenho da solução; não é robusta, ou seja, caso haja algum problema na obtenção das informações ou no acionamento dos equipamentos, pode haver uma série de manobras incorretas, podendo causar danos severos ao sistema; esta solução não é estruturada e sistematizada, ocasionando numa falta de capacidade de generalização efetiva desta solução; em casos reais, diversas centenas de estados são necessárias para a representação do sistema em RPs, gerando, assim, um sistema complexo, dificultando uma eventual manutenção e/ou ampliação do sistema; não há uma comprovação, por exemplo, através de métodos formais, do correto funcionamento da aplicação, podendo o sistema possuir deadlocks, livelocks ou até mesmo ter um funcionamento incorreto, que poderia ocasionar danos severos ao sistema de potência; dados operacionais dos equipamentos não são considerados, tornando possível um comportamento incorreto desta solução que poderia causar danos severos ao sistema de potência; em um caso real, uma possibilidade de integração para esta solução não é discutida; o problema relacionado ao tempo de aquisição e o tempo de processamento das informações para tomar decisões que poderia causar um comportamento incorreto desta solução que poderia causar danos severos ao sistema de potência também não são discutidos.

2.5 O Cenário Atual e as Proposições do Trabalho

Atualmente, não há um método computacional seguro, confiável, eficiente, com metodologia e escalável que resolva de forma satisfatória o problema de recomposição de sistemas elétricos de potência. No entanto, diante do cenário tecnológico atual, um sistema computacional de recomposição automática, para auxiliar o operador durante a execução dos procedimentos operacionais de recomposição, após a ocorrência de um desligamento de SEs, é relevante.

Embora existam algumas limitações na solução proposta por (HUANG et al., 1998), a modelagem de SEDs críticos, através de RPs é promissora, pois podemos representar o comportamento destes sistemas de uma forma bastante detalhada e através de métodos formais. Sendo assim, é possível a utilização dos algoritmos e propriedades deste formalismo para especificação, verificação e validação destes sistemas. Com o objetivo de se ter uma solução, neste trabalho, são propostos o estudo e a implementação da solução, para formulação e resolução do problema de recomposição de SEs, conforme descritos a seguir.

- Modelagem lógica com RPCHs para formulação do problema de recomposição de uma SE;
- Estudo da teoria de síntese de controladores para RPs;

- Especificação de controlador para resolver o problema de recomposição de SE.

Esta solução está sendo proposta, devido à possibilidade de representar de forma prática, estruturada, direta, detalhada e concisa a dinâmica da SE com o uso da modelagem lógica em RPCHs. A grande razão para o uso destes modelos de RPCHs é a possibilidade de se ter uma representação gráfica e com uma semântica bem definida, que permite uma análise formal, através de métodos matemáticos, fazendo com que as soluções propostas sejam seguras e confiáveis (JENSEN, 1997a, 1997b). O uso de ferramentas computacionais, que implementam os algoritmos de RPCHs, torna possível a comprovação da eficiência da solução.

No próximo capítulo, são descritas as representações matemáticas - utilizadas na solução proposta, neste trabalho, para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através dos princípios de SEDs - compactas, estruturadas e escaláveis dos modelos propostos, que facilitam uma eventual atualização do sistema de auxílio à recomposição, quando, por exemplo, houver necessidade de manutenção e/ou ampliação da instalação, e os seus respectivos algoritmos e propriedades que permitem uma análise formal da solução proposta neste trabalho.

Capítulo 3

Princípios Básicos de Sistemas a Eventos Discretos

Quando o espaço de estados de um sistema é naturalmente descrito por um conjunto discreto, como $\{0, 1, 2, \dots\}$ e as transições são apenas observadas em pontos discretos no tempo, associam-se estas transições de estados a *eventos* e é introduzido o conceito de SEDs (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999).

Considere o conjunto de todas as seqüências de eventos no tempo que um determinado sistema pode executar. Este conjunto é chamado de modelo de linguagem no tempo do sistema. A palavra *linguagem* é do fato que se pode entender o conjunto de eventos como um *alfabeto* e o conjunto de eventos executados como *palavras*. O modelo do sistema pode ser refinado, caso algumas informações estatísticas estejam disponíveis sobre o conjunto de caminhos do sistema. Linguagem no tempo estocástica é uma linguagem no tempo com funções de distribuição de probabilidade associadas aos eventos (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999).

Linguagens, linguagens no tempo e linguagens no tempo estocásticas representam os três níveis de abstrações nos quais SEDs são modelados e estudados: lógico, no tempo e estocástico. A escolha do nível de abstração apropriado claramente depende dos objetivos de análise (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999).

3.1 Linguagens e Autômatos

Qualquer SED possui um conjunto de eventos E associados a ele. Considere um exemplo simples (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999), em que há uma máquina que é ligada uma ou duas vezes ao dia (carro ou um computador pessoal) e que se quer projetar um sistema simples para realizar a seguinte tarefa: quando a máquina estiver ligada, ele deve emitir um sinal, informando que de fato a máquina está ligada, conjuntamente, com um

relatório de status (no caso do carro, "tudo OK", "cheque o óleo", "é preciso gasolina"), e com um outro sinal, indicando que o "relatório de status foi realizado". Cada um destes sinais define um evento e todos os sinais possíveis que a máquina pode emitir definem um alfabeto (conjunto de eventos). Deste modo, observa-se que o sistema tem as características de um SED guiado por estes eventos. A seqüência de eventos: "ligada", "tudo OK" e "relatório de status foi realizado", indica que a máquina desempenhou as suas tarefas. De outra forma, a seqüência de eventos: "ligada", "relatório de status realizado", sem qualquer informação entre estes eventos, deve ser interpretada como um estado anormal que requer atenção especial. Podem-se entender as combinações de sinais emitidos pela máquina como palavras, pertencentes a uma linguagem particular *falada* por esta máquina. Neste caso particular, a linguagem de interesse é composta apenas por palavras com três eventos, sempre começando com "ligada" e terminando com "relatório de status realizado". Quando o SED *fala* esta palavra, sabe-se que ele realizou a respectiva tarefa com sucesso.

O conjunto de eventos E é admitido ser finito. Uma palavra que consiste de nenhum evento é chamada de *palavra vazia* e é denotada por ε . O comprimento de uma palavra é o número de eventos contido nela, contando múltiplas ocorrências do mesmo evento. Se s é uma palavra, seu comprimento é denotado por $|s|$. Por convenção, o comprimento da palavra vazia ε é considerada zero.

Definição 1 Linguagem

Uma linguagem definida sobre um conjunto de eventos E é um conjunto de palavras de comprimento finito formado a partir de eventos em E .

A concatenação uv de duas palavras u e v é a palavra nova, que consiste dos eventos em u seguidos pelos eventos em v . A palavra vazia ε é o *elemento identidade* da concatenação: $u\varepsilon = \varepsilon u = u$ para qualquer palavra u .

Considere E^* o conjunto de todas as palavras finitas de elementos de E , incluindo a palavra vazia ε ; a operação $*$ é chamada de *fechamento-Kleene* (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999). Note que o conjunto E^* contém palavras de comprimento arbitrariamente grandes. Por exemplo, se $E = \{a,b,c\}$, então:

$$E^* = \{\varepsilon, a, b, c, aa, ab, ac, ba, bb, bc, ca, cb, cc, aaa, \dots\}. \quad (3.1)$$

Uma linguagem de um conjunto de eventos E é assim um *subconjunto* de E^* . Em particular, \emptyset , E e E^* são linguagens.

Terminologias sobre palavras: se $tuv = s$ com $t, u, v \in E^*$, então:

- t é chamada de *prefixo* de s ;

- u é chamada de *subpalavra* de s ;
- v é chamada de *sufixo* de s .

Note que ambos, ε e s , são prefixos (subpalavras, sufixos) de s .

Uma linguagem pode ser considerada como um modo formal de descrever o comportamento de um SED. A linguagem especifica todas as seqüências admissíveis que o SED é capaz de "processar" ou "gerar". Mais informações sobre linguagens podem ser obtidas em (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999).

3.1.1 Representação de Linguagens

Uma linguagem pode ser considerada como um modo formal de descrever o comportamento de um SED. A linguagem especifica todas as seqüências admissíveis que o SED é capaz de "processar" ou "gerar".

Uma alternativa para a modelagem de SEDs é através de Autômatos. Autômato é um formalismo de SEDs capaz de representar uma linguagem, através de regras bem definidas.

Definição 2 Autômatos Determinísticos

Um Autômato Determinístico, denotado por G , é uma sêxtupla

$$G = (X, E, f, \Gamma, x_0, X_m) \quad (3.2)$$

Onde:

X é um conjunto de estados finito;

E é o conjunto finito de eventos associados com as transições em G ;

$f : X \times E \rightarrow X$ é a função transição: $f(x, e) = y$ significa que há uma transição etiquetada por um evento e de um estado x para um estado y ; em geral, f é uma função parcial sobre este domínio;

$\Gamma : X \rightarrow 2^E$ é a função de eventos ativos (ou função de eventos praticáveis); $\Gamma(x)$ é o conjunto de todos os eventos e para o qual $f(x, e)$ é definido e é chamado o conjunto de eventos ativos (ou conjunto de eventos praticáveis) de G em x ;

x_0 é o estado inicial;

$X_m \subseteq X$ é o conjunto de estados marcados.

Definição 3 Linguagens Geradas

A linguagem gerada por $G = (X, E, f, \Gamma, x_0, X_m)$ é

$$L(G) := \{s \in E^* : f(x_0, s) \text{ é definida}\}^1. \quad (3.3)$$

¹":=" denota "por definição, igual a".

Definição 4 *Linguagens Marcadas*

A linguagem marcada por G é

$$L_m(G) := \{s \in L(G) : f(x_0, s) \in X_m\}. \quad (3.4)$$

Estas definições admitem que se está considerando a função transição estendida $f : X \times E^* \rightarrow X$.

Considere $E = \{a, b\}$ um conjunto de eventos. Considere também a linguagem

$$L = \{a, aa, ba, aaa, aba, baa, bba, \dots\} \quad (3.5)$$

que consiste de todas as palavras de a e b sempre seguidas por um evento a (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999). Esta linguagem é marcada por um Autômato finito $G = (E, X, f, \Gamma, x_0, X_m)$, onde $X = \{0,1\}$, $x_0 = 0$, $X_m = \{1\}$, e f é definida como segue: $f(0, a) = 1$, $f(0, b) = 0$, $f(1, a) = 1$, $f(1, b) = 0$.

Com 0 como o estado inicial, a única forma que o estado 1 pode ser alcançado é se a ocorre em algum momento. Assim, ou o estado permanece para sempre no estado 1 ou, eventualmente, retorna ao estado 0, se o evento b acontece. O diagrama de transições de estados deste Autômato é mostrado na Figura 3.1. Nota-se, a partir da figura, que $L_m(G) = L$. Observe que f é uma função total ² e, deste modo, a linguagem gerada por G é $L(G) = E^*$.

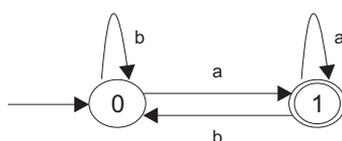


Figura 3.1: Autômato que Marca a Linguagem $L = \{a, aa, ba, aaa, aba, baa, bba, \dots\}$.

Mais informações sobre Autômatos podem ser obtidas em (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999).

3.2 Redes de Petri

Uma outra alternativa para a modelagem de SEDs é através de RPs (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999). Uma RP manipula eventos, de acordo com certas regras. Uma destas regras é a inclusão de condições sobre as quais um evento pode ser habilitado; isto permite a representação de SEDs, cuja operação depende de esquemas de controle complexos.

²É uma função transição que é definida para todos os eventos em todos os estados do Autômato.

Esta representação em RPs é convenientemente descrita graficamente. Modelos em RPs são intuitivos e capturam uma série de informações estruturais sobre o sistema. RPs podem representar uma classe de linguagens maior do que a classe de linguagens regulares, R , que são linguagens que podem ser marcadas por um Autômato de estados finitos. Uma outra motivação para se considerar modelos em RPs de SEDs são as técnicas de análise que têm sido desenvolvidas para estudá-los.

O processo de definição de uma RP envolve dois passos. Primeiramente, é necessária definir a estrutura da RP. Em seguida, é preciso acrescentar a este modelo um estado inicial, um conjunto de estados marcados e uma função de transição, resultando no modelo de RP, suas dinâmicas associadas e as linguagens que ele gera e marca.

Em RPs, eventos são associados com transições. Para que uma transição ocorra, diversas condições podem ter de serem satisfeitas. Informações relacionadas a estas condições são contidas nos lugares. Alguns lugares são interpretados como entrada para uma transição; eles são associados com as condições requeridas para esta transição ocorrer. Outros lugares são interpretados como saída de uma transição; eles são associados com condições que são afetadas pela ocorrência desta transição. Transições, lugares e certas relações entre estes definem os componentes básicos de uma RP. RP têm dois tipos de nós, lugares e transições, e arcos conectando estes. RP é *bipartida* no sentido que arcos não podem diretamente conectar nós do mesmo tipo. No entanto, arcos conectam nós de lugares a nós de transição e nós de transição a nós de lugares. A definição precisa de RP é apresentada a seguir.

Definição 5 RP

RP (ou uma estrutura em RP) é um grafo bipartido ponderado

$$(P, T, A, w) \tag{3.6}$$

Onde:

P é o conjunto finito de lugares;

T é o conjunto finito de transições;

$A \subseteq (P \times T) \cup (T \times P)$ é o conjunto de arcos dos lugares para as transições e das transições para os lugares;

$w : A \rightarrow \{1, 2, 3, \dots\}$ é a função ponderação dos arcos.

É admitido que a RP não tem lugares ou transições isolados. O conjunto de lugares são representados por $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ e o conjunto de transições por $T = \{t_1, t_2, \dots, t_m\}$. Um arco típico é da forma (p_i, t_j) ou (t_j, p_i) , e o peso relacionado a um arco é um inteiro positivo não nulo. Em RPs, são permitidos arcos múltiplos conectando dois nós ou, equivalentemente, um peso para cada arco, representando o número de arcos. Para

representar os conjuntos de pré e pós-condições de uma RP, ao descrever RPs, é conveniente usar $I(t_j)$ para representar o conjunto de lugares de entrada para a transição t_j . Similarmente, $O(t_j)$ representa o conjunto de lugares de saída da transição t_j . Assim, têm-se:

$$I(t_j) = p_i \in P : (p_i, t_j) \in A, \quad (3.7)$$

$$O(t_j) = p_i \in P : (t_j, p_i) \in A \quad (3.8)$$

Notação similar é usada para descrever transições de entrada e saída para um determinado lugar p_i : $I(p_i)$ e $O(p_i)$.

Quando se desenham estruturas em RPs, são necessários diferenciar lugares e transições. A convenção é usar círculos para representar lugares e barras para representar transições. Os arcos, conectando lugares e transições, representam elementos do conjunto de arco A . Assim, um arco direcionado do lugar p_i para a transição t_j significa que $p_i \in I(t_j)$. Além disso, se $w(p_i, t_j) = k$, então existem k arcos de p_i para t_j , ou, equivalentemente, um único arco com seu peso k . Similarmente, se existem k arcos direcionados da transição t_j para o lugar p_i , isto significa que $p_i \in O(t_j)$ e $w(t_j, p_i) = k$. Os pesos podem ser representados através de arcos múltiplos em um grafo. No entanto, quando muitos pesos estão envolvidos em uma RP, escrever o peso no arco é uma representação muito mais eficiente. Se peso algum é mostrado sobre um arco de um grafo de uma RP, é admitido que o peso é 1. É conveniente escrever o domínio e o co-domínio da função ponderação w como segue.

$$w(t_j, p_i) = 0, \text{ quando } p_i \notin I(t_j) \quad (3.9)$$

e

$$w(t_j, p_i) = 0, \text{ quando } p_i \notin O(t_j) \quad (3.10)$$

Considere um grafo de uma RP simples (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999) definido por

$$P = (p_1, p_2) \quad (3.11)$$

$$T = (t_1) \quad (3.12)$$

$$A = (p_1, t_1), (t_1, p_2) \quad (3.13)$$

$$w(p_1, t_1) = 2 \tag{3.14}$$

$$w(t_1, p_2) = 1 \tag{3.15}$$

Neste caso, $I(t_1) = p_1$ e $O(t_1) = p_2$. O grafo de RP simples é mostrado na Figura 3.2.

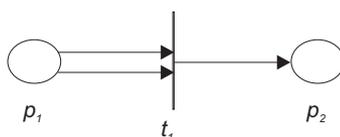


Figura 3.2: Grafo de Rede de Petri Simples.

O fato de $w(p_1, t_1) = 2$ é indicado pela presença de dois arcos de entrada do lugar p_1 para a transição t_1 .

Transições em um grafo em RPs representam os eventos, em um SED, e os lugares descrevem as condições sobre as quais estes eventos podem ocorrer. Nesta estrutura, é necessário um mecanismo, indicando se estas condições são de fato atendidas ou não. Este mecanismo é estabelecido pela fichas atribuídas aos lugares. Uma ficha em um lugar indica que a condição descrita pelo lugar é satisfeita. O modo como as fichas são atribuídas a um modelo de RPs define uma *marcação*. Formalmente, uma marcação x de uma RP (P, T, A, w) é uma função $x : P \rightarrow \mathbb{N} = \{0, 1, 2, \dots\}$ ³. Assim, a marcação x define o vetor linha $x = [x(p_1), x(p_2), \dots, x(p_n)]$, onde n é o número de lugares na RP. A i -ésima entrada deste vetor indica o número inteiro não-negativo de fichas no lugar p_i , $x(p_i) \in \mathbb{N}$. Nos modelos das RPs, uma ficha é indicada por um ponto preto posicionado no lugar apropriado.

Definição 6 *RP Marcada*

Uma RP marcada é uma quintupla (P, T, A, w, x)

Onde:

(P, T, A, w) é uma RP e x é uma marcação do conjunto de lugares P ;

$x = [x(p_1), x(p_2), \dots, x(p_n)] \in \mathbb{N}^n$ é o vetor linha associado com x e n é o número de lugares na RP.

Na Figura 3.3, são apresentadas duas marcações possíveis, nominalmente, os vetores linha $x_1 = [1, 0]$ e $x_2 = [2, 1]$.

Por simplicidade, uma RP marcada é dita ser apenas uma RP. Como a modelagem de sistemas depende do conceito de estado, no caso de uma RP, associa-se marcação de

³ $\mathbb{N} = \{0, 1, 2, \dots\}$ é o conjunto dos números inteiros positivos.

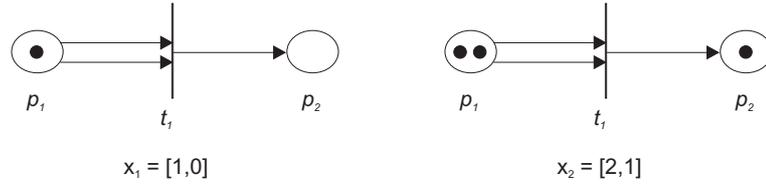


Figura 3.3: Duas Marcações, x_1 e x_2 , para o Grafo da Rede de Petri Exemplo.

lugar ao estado da RP, ou seja, o estado de uma RP é definido como seu vetor linha $x = [x(p_1), x(p_2), \dots, x(p_n)]$. Observe que o número de fichas atribuído a um lugar não é necessariamente limitado. Isto implica que o número de estados que se pode ter é infinito. Assim, o espaço de estados X de uma RP com n lugares é definido por todos os vetores n -dimensionais cujas entradas são números inteiros não-negativos, isto, é, $X = \mathbb{N}^n$.

Definição 7 *Transição Habilitada*

Uma transição $t_j \in T$ em uma RP é dita estar habilitada, se

$$x(p_i) \geq w(p_i, t_j) \text{ para todo } p_i \in I(t_j). \tag{3.16}$$

Como lugares são associados a condições que permitem a ocorrência de uma transição, então, uma transição é habilitada quando todas as condições requeridas para sua ocorrência são satisfeitas. Quando uma transição é habilitada, diz-se que ela pode *disparar* ou que pode ocorrer. A função de transição de estado de uma RP é definida através da mudança no estado da RP devido ao disparo de uma transição habilitada que movimentam fichas através da rede.

Definição 8 *Dinâmica de RP*

A função transição de estados, $f : \mathbb{N}^n \times T \rightarrow \mathbb{N}^n$, da RP é definida para uma transição $t_j \in T$, se e somente se

$$x(p_i) \geq w(p_i, t_j) \text{ para todo } p_i \in I(t_j). \tag{3.17}$$

Se $f(x, t_j)$ é definido, então, $x' = f(x, t_j)$, onde:

$$x'(p_i) = x(p_i) - w(p_i, t_j) + w(t_j, p_i), \quad i = 1, \dots, n. \tag{3.18}$$

A função transição de estado da RP é baseada na estrutura da RP. Assim, o próximo estado de uma RP explicitamente depende dos lugares de entrada e saída de uma transição e dos pesos dos arcos, que conectam estes lugares à transição.

É importante observar que o número de fichas não necessariamente precisa ser conservado após o disparo de uma transição em uma RP. Sendo assim, é possível que

$$\sum_{p_i \in P} w(t_j, p_i) > \sum_{p_i \in P} w(p_i, t_j) \text{ ou } \sum_{p_i \in P} w(t_j, p_i) < \sum_{p_i \in P} w(p_i, t_j) \quad (3.19)$$

Onde:

$x' = f(x, t_j)$ contém mais ou menos fichas do que x .

Em geral, é possível que após diversos disparos de transição, o estado resultante seja $x = [0, \dots, 0]$, ou que o número de fichas em um ou mais lugares cresça arbitrariamente após uma série de disparos.

Para ilustrar o processo de disparo de transições e mudanças de estados de uma RP, considere a RP (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999) da Figura 3.4 (a), onde o estado inicial é $x_0 = [2, 0, 0, 1]$. Observe que a única transição habilitada é a t_1 , pois requer apenas uma ficha no lugar p_1 e tem-se $x_0(p_1) = 2$. Quando t_1 dispara, uma ficha é removida de p_1 , e uma ficha é inserida em p_2 e p_3 , como pode ser visto no grafo da RP da Figura 3.4 (b). Neste estado, todas as três transições t_1 , t_2 e t_3 estão habilitadas.

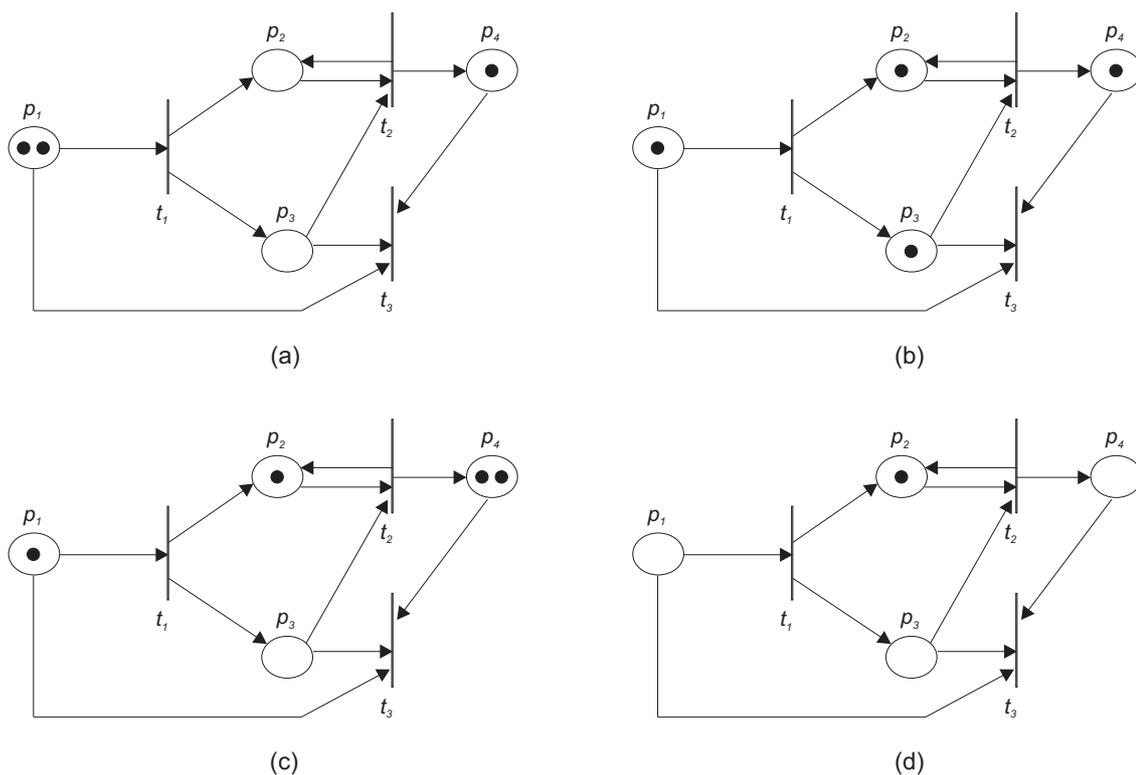


Figura 3.4: Sequências de Disparos de Transição em uma Rede de Petri.

Em seguida, suponha que a transição t_2 dispare. Uma ficha é removida dos lugares de entrada p_2 e p_3 . Os lugares de saída são p_2 e p_4 . Assim, uma ficha é imediatamente colocada de volta em p_2 , pois $p_2 \in I(t_2) \cap O(t_2)$. Um ficha também é adicionada a p_4 . O novo estado é $x_2 = [1, 1, 0, 2]$, como mostrado na Figura 3.4 (c). Neste estado, t_2 e t_3 não estão mais habilitados, mas t_1 ainda está.

Voltemos para o estado x_1 da Figura 3.4 (b), onde todas as três transições estão habilitadas. Ao invés de disparar t_2 , dispara-se t_3 . Nesta situação, uma ficha é removida dos lugares de entrada p_1 , p_3 e p_4 . Observe que não há lugares de saída. O novo estado é denotado por $x'_2 = [0, 1, 0, 0]$, como mostrado na Figura 3.4 (d). Neste estado, não há transição alguma habilitada. Nenhuma mudança de estado é mais possível, e $[0, 1, 0, 0]$ é um estado de bloqueio da RP.

O número de fichas não é conservado nesta RP, pois x_0 contém três fichas, enquanto x_1 e x_2 contêm 4 fichas cada e x'_2 contém 1 ficha. Neste exemplo, observa-se que a seqüência na qual transições disparam não é pré-especificada em uma RP. Uma outra observação importante sobre a dinâmica de RP é de que nem todos os estados em \mathbb{N}^n podem necessariamente ser alcançados a partir de uma RP com um determinado estado inicial. Isto gera uma definição do conjunto de marcações alcançáveis.

Definição 9 *Marcações Alcançáveis*

O conjunto de marcações alcançáveis de (P, T, A, w, x) é

$$R[(P, T, A, w, x)] := y \in \mathbb{N}^n : \exists s \in T^* (f(x, s) = y). \quad (3.20)$$

Esta definição estabelece que o conjunto de marcações alcançáveis admite que transições habilitadas disparam uma de cada vez. Sendo assim, não devemos considerar disparos simultâneos de transições.

Como se quer utilizar a RP como um formalismo de modelagem para representar linguagens, é necessário especificar precisamente a qual evento cada transição corresponde; isto permite especificar as linguagens representadas (geradas e marcadas) por uma RP.

Considere E como o conjunto de eventos do SED a ser considerado e cuja linguagem é modelada por uma RP.

Definição 10 *RP Etiquetada*

Uma RP etiquetada N é uma octupla

$$N = (P, T, A, w, E, l, x_0, X_m) \quad (3.21)$$

Onde:

(P, T, A, w) é uma RP;

E é o conjunto de eventos para etiquetar transições;

$l : T \rightarrow E$ é a função que etiqueta a transição;

$x_0 \in \mathbb{N}^n$ é o estado inicial da RP, ou seja, o número de fichas em cada lugar;

$X_m \subseteq \mathbb{N}^n$ é o conjunto de estados marcados da RP.

Em grafos de RP, a etiqueta de uma transição é indicada próxima à transição.

Definição 11 *Linguagem Gerada*

A linguagem gerada por uma RP etiquetada $N = (P, T, A, w, E, l, x_0, X_m)$ é

$$L(N) := \{l(s) \in E^* : s \in T^* \text{ e } f(x_0, s) \text{ é definido}\}. \quad (3.22)$$

Definição 12 *Linguagem Marcada*

A linguagem marcada por N é

$$L_m(N) := \{l(s) \in L(N) : s \in T^* \text{ e } f(x_0, s) \in X_m\}. \quad (3.23)$$

A linguagem $L(N)$ representa todas as seqüências de etiquetas de transição que são obtidas por todas as possíveis seqüências finitas de disparos de transição em N , começando no estado inicial x_0 de N ; a linguagem marcada $L_m(N)$ é o subconjunto dessas seqüências que deixam a RP em um estado que é um membro do conjunto de estados marcados dado na definição de N .

A classe de linguagens que podem ser representadas pelas RPs etiquetadas é

$$PNL := \{K \subseteq E^* : \exists N = (P, T, A, w, E, l, x_0, X_m)[L_m(N) = K]\} \quad (3.24)$$

Observe que RPs etiquetadas são usualmente denominadas de RPs; isto não cria confusão com RPs não-etiquetadas, pois, a partir do contexto, ficará claro se o interesse é nas propriedades de estado, em que etiquetas de eventos de transição são irrelevantes, ou nas propriedades de linguagem (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999).

As RPs até aqui definidas são também chamadas de RPTs. Nas RPTs, dois modelos que tenham uma dinâmica de SED similar precisam ser representados através de sub-redes separadas. Este problema, para pequenos sistemas, pode não ser tão relevante, mas, para sistemas grandes, pode tornar a modelagem inviável. Infelizmente, este problema é comum para muitas aplicações práticas de RPs. Sistemas reais freqüentemente contêm muitas partes que são similares, mas não idênticas. Usando RPTs, estas partes têm de ser representadas por sub-redes separadas com uma estrutura aproximadamente idêntica. Isto significa que a RPT representativa deste sistema torna-se muito grande. Além disso, torna-se difícil ver as similaridades (e diferenças) entre as sub-redes individuais. O uso prático de RPTs para descrever sistemas reais tem claramente demonstrado uma necessidade por tipos de redes com mais recursos, para descrever sistemas complexos. O desenvolvimento de RP de alto nível⁴ constitui uma melhoria significativa neste aspecto. RPCs pertencem à classe de redes de alto nível.

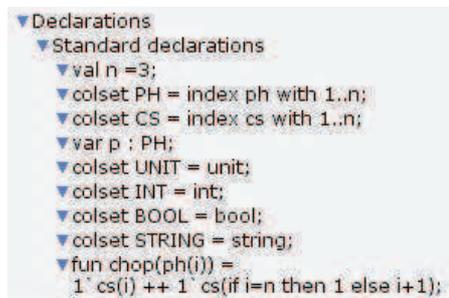
⁴Modelo de RP com mais recursos que os da RPT. Mais informações sobre este modelo de RP podem ser obtidas em (JENSEN, 1997a) e em (JENSEN, 1997b).

3.2.1 Redes de Petri Coloridas

A representação mais compacta tem sido alcançada ao equipar cada ficha com um valor de dado associado, chamado de *cor da ficha*. Os valores dos dados podem ser de tipos arbitrariamente complexos (e.g., um registro em que o primeiro campo é real, o segundo um texto e o terceiro uma lista de inteiros pares). Para um determinado lugar todas as fichas tem de ter cores de fichas que pertencem a um tipo específico. Este tipo é chamado de *conjunto de cores* do lugar. O uso de conjuntos de cores em RPCs é totalmente análogo ao uso de tipos em linguagens de programação. Conjuntos de cores determinam valores possíveis de fichas, analogamente, ao modo em que tipos determinam os valores possíveis de variáveis e expressões. Por razões históricas, os valores e os tipos das fichas são chamados, respectivamente, de cores e conjuntos de cores. As fichas em RPCs podem ser distinguidas uma da outra, diferentemente, das fichas das RPTs.

A partir das *declarações* podem ser observados quais são os conjuntos de cores. As declarações utilizam uma linguagem chamada *CPN ML*, que é baseada no padrão *ML* (ULLMAN, 1998; STANDARD... , www.smlnj.org). Esta linguagem é usada pela ferramenta CPN Tools ⁵.

Na Figura 3.5, tem-se uma representação de declarações feitas no CPN Tools. Observe, nesta Figura, que além de tipo de variáveis - por exemplo, *INT* para números inteiros - pode-se também declarar funções como, por exemplo, *fun chop(ph(i))*.



```

▼ Declarations
  ▼ Standard declarations
    ▼ val n = 3;
    ▼ colset PH = index ph with 1..n;
    ▼ colset CS = index cs with 1..n;
    ▼ var p : PH;
    ▼ colset UNIT = unit;
    ▼ colset INT = int;
    ▼ colset BOOL = bool;
    ▼ colset STRING = string;
    ▼ fun chop(ph(i)) =
      1' cs(i) ++ 1' cs(if i=n then 1 else i+1);
  
```

Figura 3.5: Exemplo de Declarações de Redes de Petri Coloridas no CPN Tools.

A *marcação inicial* é determinada ao avaliar as *expressões de inicialização*. A marcação de cada lugar é um *multi-conjunto* do conjunto de cores associado ao lugar. São necessários multi-conjuntos para permitir duas ou mais fichas idênticas.

Nas RPTs, a *marcação atual* é indicada ao colocar pequenos pontos dentro dos lugares individuais. No entanto, isto não é prático para RPCs, devido ao número de fichas e à representação das cores das fichas, que podem ser valores de dados arbitrariamente complexos. Assim, a marcação atual de um determinado lugar é feita através de um

⁵Mais informações sobre a ferramenta CPN Tools podem ser obtidas na página <http://wiki.daimi.au.dk/cpntools/cpntools.wiki>

pequeno círculo com um inteiro, indicando quantas fichas existem e um texto próximo ao círculo com um multi-conjunto, mostrando quais são as fichas individuais. Por convenção, o círculo e o texto para lugares que não têm fichas são omitidos.

Associando uma cor a cada ficha e um conjunto de cores a cada lugar, são necessários menos lugares do que seria necessário em uma RPT. Ao se ter uma representação para marcação mais complexa, o movimento das fichas na modelagem em RPCs torna-se mais complexo. As cores das fichas podem ser avaliadas pelas transições, que significa que a habilitação de uma transição pode depender das cores das suas fichas de entrada. Isto também significa que as cores das fichas de entrada podem determinar as cores das fichas de saída produzidas, isto é, o efeito da transição. Para descrever esta situação mais complexa, são necessárias *expressões de arcos* mais elaboradas. Não é suficiente ter apenas um inteiro, especificando o número de fichas que são adicionados e/ou removidos. São necessárias expressões de arcos que especificam uma coleção de fichas, cada uma com uma cor de ficha bem definida. Para fazer isto, utilizam-se expressões de arcos que avaliem *multi-conjuntos*.

Na Figura 3.6, tem-se uma representação dos elementos básicos de uma RPC e suas respectivas características: *LUGAR* com o seu *NOME*, *TIPO* e *MARCAÇÃO INICIAL*; *ARCO* com sua *EXPRESSÃO* e *TRANSIÇÃO* com sua *GUARDA*, *@+* e *INPUT()*; *OUTPUT()*; *ACTION()*;



Figura 3.6: Elementos Básicos de uma Rede de Petri Colorida: *LUGAR*, *ARCO* e *TRANSIÇÃO*.

Quando uma transição está habilitada para uma determinada ligação, ela pode ocorrer, e, então, ela remove fichas de seus lugares de entrada e adiciona fichas a seus lugares de saída. O número de fichas removidas e/ou adicionadas e as cores destas fichas são determinadas pelo valor das expressões de arcos correspondentes, avaliadas com relação à ligação em questão. Um par t, b em que t é uma transição e b uma ligação para t é chamado de *elemento de ligação*.

A guarda é uma expressão booleana, ou seja, uma expressão que avalia verdadeiro ou falso, e que pode ter variáveis exatamente da mesma forma que as expressões de arcos têm. O propósito da guarda é definir uma restrição adicional que precisa ser atendida

antes da transição estar habilitada. A guarda pode ser uma lista de expressões booleanas $[Bexpr_1, Bexpr_2, \dots, Bexpr_n]$ que é equivalente à expressão booleana $Bexpr_1 \wedge Bexpr_2 \wedge \dots \wedge Bexpr_n$. A expressão de guarda é representada entre colchetes, e. g., $[Bexpr]$.

Analogamente às RPTs, duas transições em uma RPC podem estar concorrentemente habilitadas se há ligações para as variáveis (na guarda e nas expressões de arcos), tal que as transições usam conjuntos de fichas não-ligados. O efeito de dois disparos simultâneos é a soma dos efeitos dos disparos individuais.

Na Figura 3.7, tem-se um exemplo de uma RPC com seus elementos básicos: *LUGAR*, *ARCO*, *TRANSIÇÃO*, *FICHAS E SUAS CORES*, *MARCAÇÃO* e *DECLARAÇÕES*.

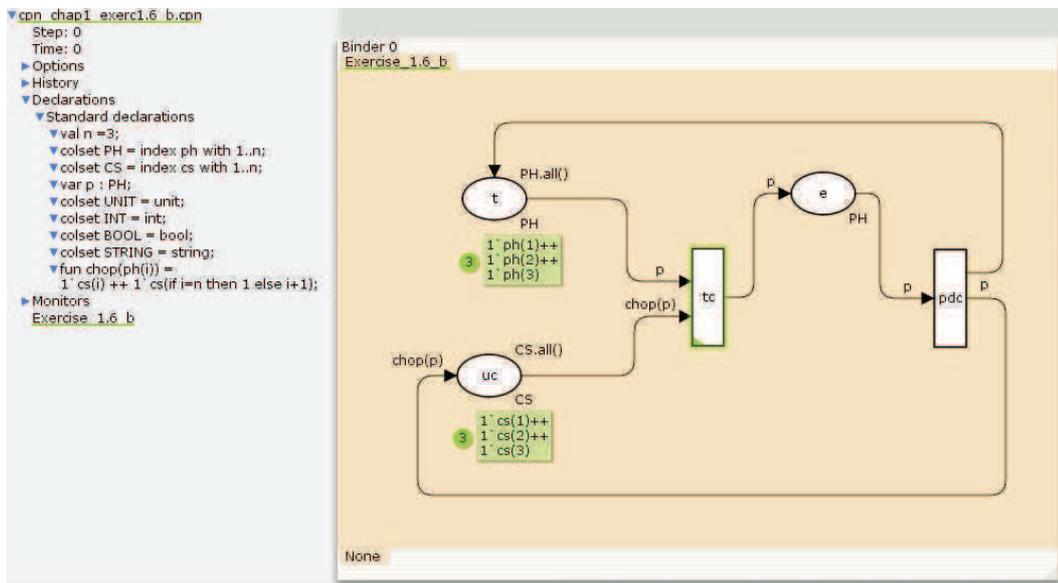


Figura 3.7: Exemplo de uma Rede de Petri Colorida com seus Elementos Básicos no CPN Tools.

As RPCs são compostas de três partes diferentes: *estrutura da rede* (ou seja, os lugares, as transições e arcos), as *declarações* e as *descrições da rede* (ou seja, os vários textos que são associados aos elementos da estrutura da rede).

3.2.2 Redes de Petri Coloridas Hierárquicas

As RPCs podem ter diversos outros tipos descrições, e. g., relações hierárquicas e atrasos no tempo. Com as RPCHs, é possível se construir uma RPC mais complexa, combinando um número de redes menos complexas, que podem ser muito ou pouco dependente uma da outra. As RPCHs permitem relacionar um número de RPCs individuais uma com a outra de um modo formal, ou seja, de um modo que se tenha uma semântica bem definida e permita, desta forma, uma análise formal. RPCHs podem ser transformadas em RPCs com modos comportamentais equivalentes e vice-versa. Sendo assim, os conceitos básicos

e os métodos de análise de RPC podem ser generalizados para RPCH.

Dois dos construtores de linguagens de RPCHs são *transições de substituição* e *lugares de fusão*. Estes construtores permitem a construção de uma RPCH mais complexa, através da composição de várias RPCs menos complexas. O objetivo das *transições de substituição* é permitir a relação de uma transição e seus respectivos arcos com uma RPC mais complexa, que, usualmente, fornece uma descrição mais detalhada e precisa da funcionalidade representada pela *transição de substituição*. Um conjunto de RPCs é chamado de *página*. *Subpágina* é a *página* que contém a descrição detalhada da funcionalidade modelada pela correspondente *transição de substituição*. Cada *transição de substituição* é dita ser um *supernó* da correspondente *subpágina*, enquanto que a *página* de uma *transição de substituição* é uma *superpágina* da correspondente *subpágina*. No caso de uma RPCH com várias *instâncias de páginas* associadas às *transições de substituição*, cada *instância de página* terá sua própria marcação, embora possam estar compartilhando a mesma *subpágina*. Já o objetivo dos *lugares de fusão* é permitir a especificação de um conjunto de lugares como sendo idênticos, ou seja, todos estes lugares representam um único lugar, conceitualmente, embora sejam desenhados como lugares individuais. Isto significa que, quando uma ficha é adicionada/removida de um destes lugares, uma ficha idêntica é adicionada/removida de todos os outros lugares. Mais informações sobre RPCs podem ser obtidas em (JENSEN, 1997a) e em (JENSEN, 1997b).

Os benefícios que se tem ao se usar RPC, ao invés da RPT são inúmeros:

- Descrição e análise tornam-se mais compactas e gerenciáveis (a complexidade é dividida entre a estrutura da rede, as declarações e as descrições da rede);
- É possível descrever manipulações de dados simples de um modo mais direto;
- É mais fácil observar as similaridades e diferenças entre partes de sistemas similares (eles são representados pela mesma sub-rede);
- A descrição é mais redundante e isto significa que haverá menos erros (erros podem ser encontrados ao se achar inconsistências, e. g., entre o tipo de uma expressão de arco e o conjunto de cores do lugar correspondente);
- Alguns tipos de erros tornam-se pouco prováveis (e. g., ao se alterar a estrutura de uma sub-rede, percebe-se que se deve alterar as estruturas de todas as outras sub-redes semelhantes);
- É possível se criar descrições hierárquicas, isto é, estruturar uma descrição mais complexa a partir de um conjunto de RPCs menos complexas com uma relação bem definida.

3.2.3 Controle de Redes de Petri

Controle Baseado em Estados de Redes de Petri

Não há uma teoria de controle para SEDs modelados em RPs. Há uma vasta literatura sobre controle de RPs, quando o paradigma de controle é modificado de um "ponto de vista de linguagem" para um "ponto de vista de estado" para um determinado sistema não-controlado modelado em RPs. As especificações dos sistemas não-controlados são obtidas em termos de *estados proibidos* e o mecanismo de controle é decidir quais as transições habilitadas e controláveis do sistema deveriam ser disparadas pelo "controlador". O controlador deve garantir que nenhum estado proibido é alcançado, fazendo a "mínima intervenção" sobre o comportamento do sistema. A síntese de tal controlador deve explorar a estrutura do sistema capturada pelo modelo em RPs.

O exemplo apresentado na Figura 3.8 ilustra o fato de que explorar as propriedades estruturais do sistema modelado em RPs é importante na solução de controlar um sistema modelado em RPs. Considere a RP N mostrada na Figura 3.8.

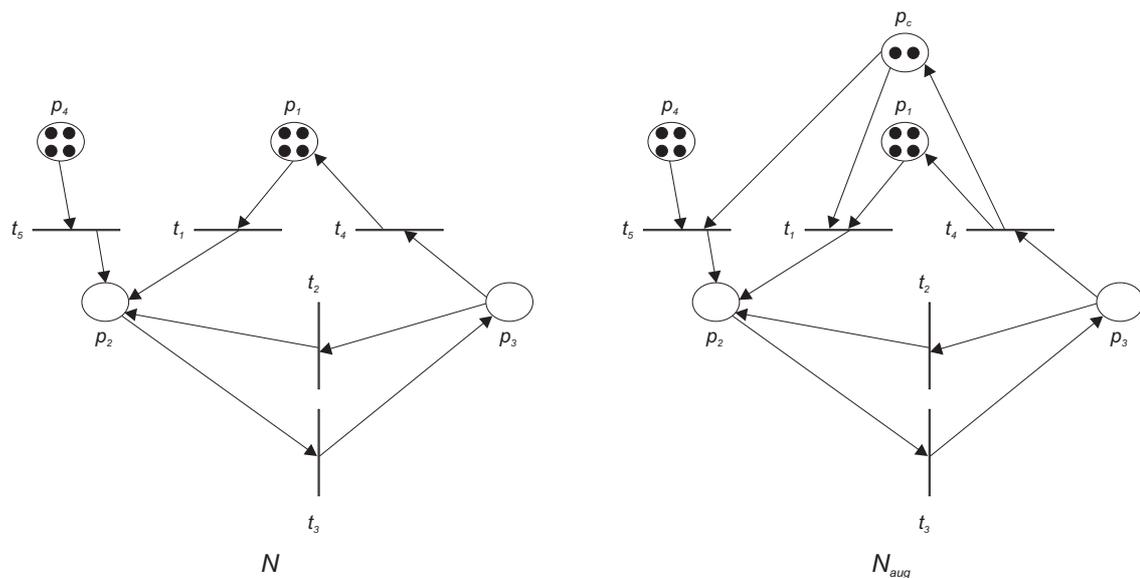


Figura 3.8: Rede de Petri Não-Controlada e Rede de Petri "Aumentada".

Admite-se que N modela o comportamento de um sistema não-controlado. Supõe-se que a especificação nos estados é dada em termos da desigualdade linear

$$x(p_2) + x(p_3) \leq 2 \tag{3.25}$$

Onde um estado é dito admissível, se e somente se, ele satisfaz esta desigualdade. Quando o comportamento admissível é descrito por uma desigualdade linear, a solução algébrica-linear para descrever o comportamento de uma RP pode ser utilizada para sintetizar

uma RP "*augmentada*" com lugares e arcos adicionados, que irá satisfazer a desigualdade linear dada. Na Figura 3.8, observa-se a RP "*augmentada*" N_{aug} ; o lugar adicionado p_c é conectado às transições t_4 , t_1 e t_5 . Lugar p_c pode ser entendido como um lugar de controle, realizando uma determinada política de controle para N ; dada a estrutura da "*solução*" N_{aug} , é implicitamente admitido nesta solução que transições t_1 e t_5 são controláveis. O número inicial de fichas no lugar p_c é determinado pelo "*aumento*" da desigualdade linear para uma igualdade linear com p_c como a nova variável:

$$x(p_2) + x(p_3) + x(p_c) = 2 \quad (3.26)$$

Conduzindo a $x(p_c) = 2$. Observando-se o comportamento de N_{aug} , percebe-se que a desigualdade linear original gera todas as marcações alcançáveis (CASSANDRAS; LAFORTUNE, 1999).

3.2.4 Análise Formal

Simulação de Redes de Petri Coloridas

O tipo mais direto de análise formal de uma RPC é a simulação, que, em muitos aspectos é similar ao teste e à execução de um programa. Um bom simulador de RPCs é análogo a um bom depurador de programas, pois ajuda o programador a examinar de modo minucioso algumas possíveis seqüências de execuções. Simulação é bastante usual para a compreensão e eliminação de erros de uma RPC, mais especificamente, durante o projeto e a validação preliminar de um sistema grande. No entanto, é óbvio que, através de simulação, é impossível obter uma prova completa das propriedades dinâmicas das RPCs (só se as RPCs e as propriedades forem triviais). Logo, é muito importante que existam também uma série de métodos de análise mais formais, ou seja, métodos que sejam baseados em técnicas com provas matemáticas. Estes métodos são um complemento indispensável às possibilidades de simulação mais diretas e intuitivas.

Análises de Espaços de Estados de Redes de Petri Coloridas

A idéia básica da análise de espaços de estados de RPCs é construir um grafo, contendo um nó para cada marcação alcançável e um arco para cada ocorrência de elemento de ligação. Um grafo pode se tornar muito grande, mesmo para uma RPC pequena. No entanto, através da avaliação da RPC a ser analisada, através da análise de espaços de estados, pode-se simplificá-la, para que se possa realizar esta análise. Esta simplificação não deve comprometer a análise, ou seja, a RPC simplificada deve ter um comportamento similar à RPC original. Assim, pode-se ter informações sobre as propriedades dinâmicas da RPC original, ao construir um *grafo de ocorrências* para a RPC simplificada.

A análise de espaços de estados é realizada com o grafo de ocorrências. Cada nó representa uma marcação, e o conteúdo desta marcação é descrita por uma descrição textual do nó. Cada arco representa a ocorrência de um elemento de ligação, e o conteúdo deste elemento de ligação é descrito pelo texto associado ao arco. Em grafos de ocorrência, usualmente, omitem-se arcos que correspondem a passos, que contêm mais de um elemento de ligação, pois isto nos daria informações sobre a concorrência entre elementos de ligação, que não são necessárias para a verificação das propriedades dinâmicas da RPC que se deseja analisar. Até para um grafo de ocorrências pequeno, a construção e investigação são tediosas. Na prática, não é usual manipular RPCs que têm grafos de ocorrências, contendo mais mais do que 100.000 nós (diversas RPCs têm milhões de marcações). Deste modo, é claro que é importante construir e investigar grafos de ocorrências, através de ferramentas computacionais e também utilizar técnicas para reduzir os grafos de ocorrências sem perda de muitas informações. Os grafos de ocorrências, obtidos através destas técnicas de redução, deve ser obtido diretamente, ou seja, deve ser calculado sem antes calcular o grafo de ocorrências completo.

O método de redução que explora a simetria que, freqüentemente, há em sistemas modelados, em RPCs, é chamado de *marcações simétricas*. O método de redução que explora o fato de que, freqüentemente, há em sistemas modelados, em RPCs, um número de seqüências de ocorrências em que os passos são idênticos, exceto pela ordem nas quais elas ocorrem, é chamado de *conjuntos repetidos*. O método de redução que explora o fato de que algumas seqüências de ocorrências leva o sistema de uma marcação M_1 para uma marcação M_2 , que é uma marcação muito maior do que M_1 , é chamado de *marcações cobertas*. Através destes métodos, pode-se obter um grafo reduzido que contém, exatamente, a mesma informação que o grafo de ocorrências completo. Estes grafos reduzidos podem ser utilizados para investigar todas as propriedades sistêmicas que podem ser investigadas através de grafos de ocorrências completos. Estas investigações de grafos reduzidos são muito mais eficientes. Mais informações sobre estes métodos de redução de grafos de ocorrências podem ser obtidas em (JENSEN, 1997a) e em (JENSEN, 1997b).

Verificação de Modelos de Redes de Petri Coloridas

Um espaço de estados é uma representação de uma simulação exaustiva de uma determinada RPC, onde:

- nós representam marcações;
- arcos direcionais representam ocorrências de transições.

Um Componente Conectado Fortemente (CCF) de um espaço de estados é um conjunto máximo de nós, em que cada nó é alcançável a partir de qualquer nó no componente. Um

grafo de CCF é o particionamento de CCFs de um determinado espaço de estados, em que arcos direcionais representam ocorrências de transições entre componentes.

A área de lógica temporal é chamada de CTL. Lógica temporal que faz inferências sobre estruturas é bastante semelhante à análise de espaço de estados. Verificação de modelos é o ato de verificar o valor verdadeiro de uma determinada fórmula CTL para um determinado espaços de estados. Quando o algoritmo que avalia a fórmula CTL finaliza suas instruções, a fórmula avaliada é verdadeira em todo estado do qual ela é também uma etiqueta. Como os espaços de estados contêm informações sobre nós e transições, é importante utilizar uma extensão da CTL que expresse propriedades sobre informações de estados e transições. Esta extensão da lógica CTL é chamada de lógica ASK-CTL. Há um operador que comuta entre os dois domínios, o de estados e o de transições. Conseqüentemente, pode-se falar sobre caminhos de nós e caminhos de transições. Verificação de modelos pode ser realizada com combinações de fórmulas CTL. A lógica ASK-CTL, que faz inferências das informações dos grafos de CCFs, tem bom desempenho mesmo quando o grafo de CCFs tem apenas um CCF. Mais informações sobre a lógica temporal ASK-CTL podem ser obtidas em (CHENG; CHRISTENSEN; MORTENSEN, 1996a) e em (CHENG; CHRISTENSEN; MORTENSEN, 1996b).

3.2.5 Propriedades Estáticas e Dinâmicas de Redes de Petri Coloridas

Propriedades estáticas podem ser definidas, a partir da definição de RPCs individuais sem considerar as possíveis seqüências de ocorrências. O principal propósito de propriedades estáticas é caracterizar subclasses de RPCs com características específicas. Propriedades estáticas são chamadas de propriedades estruturais. O estudo de propriedades estáticas é, no entanto, uma das poucas áreas na quais o conhecimento e a experiência das RPs de baixo nível não têm sido ainda, adequadamente, transferidos para RPs de alto nível.

Propriedades dinâmicas caracterizam o comportamento de RPCs individuais, e. g., se é possível alcançar uma marcação na qual passo algum está habilitado. Frequentemente, é bastante difícil verificar propriedades dinâmicas, mais especificamente, quando dependem apenas de argumentos informais. Propriedades dinâmicas são também chamadas propriedades comportamentais. Estas propriedades são mostradas a seguir.

Propriedades de Alcançabilidade

As propriedades de alcançabilidade determinam se há uma seqüência de ocorrências entre determinados nós. Isto é realizado, através de investigações dos espaços de estados, verificando se há um caminho entre os nós avaliados.

Propriedades de Limitação/Segurança

As propriedades de limitação/segurança são utilizadas para se avaliar os valores de fichas em lugares.

Propriedades de Reversibilidade/Recorrência

As propriedades de reversibilidade/recorrência são utilizadas para se avaliar se as características do espaço de estados avaliado são de espaços de estados reversíveis/recorrentes. Um espaço de estados reversível é um espaço de estados em que, a partir de cada marcação alcançável, é possível alcançar, pelo menos, a marcação inicial. Um espaço de estados recorrente é um espaço de estados em que, a partir de cada marcação alcançável, é possível alcançar, pelo menos, uma das marcações.

Propriedades de Vivacidade

As propriedades de vivacidade são utilizadas para se avaliar se o conjunto de elementos de ligação permanece ativo. Estas propriedades verificam se é possível, para cada marcação alcançável, encontrar uma seqüência de ocorrências, partindo desta marcação, que contenha um elemento de ligação do conjunto de elementos de ligação ativo.

Propriedades de Equidade

As propriedades de equidade são utilizadas para se avaliar com que freqüência os diferentes elementos de ligação ocorrem.

Mais informações sobre as propriedades estáticas e dinâmicas de RPCs podem ser obtidas em (JENSEN, 1997a), (JENSEN, 1997b), (COLABORADORES, 2007).

3.3 As Razões

A modelagem de SEDs críticos, através de RPs, é possível e promissora, pois podemos representar o comportamento destes sistemas de uma forma bastante detalhada e através de métodos formais. Sendo assim, possível a utilização dos algoritmos e das propriedades deste formalismo para especificação, verificação e validação destes sistemas. Como o SED a ser analisado neste trabalho - SE - é crítico, a utilização de RPs - para formular o problema - e de técnicas de controle para RPs - visando a controlar o sistema modelado - são importantes.

Neste capítulo, os modelos apresentados foram propostos para os SEDs especificamente. Desta forma, é importante perceber como este formalismo pode ser aplicado ao

caso em questão, ou seja, ao problema de recomposição de subestações. Logo, no contexto deste problema, para se considerar que as subestações podem ser representadas como SEDs, de modo que a teoria descrita neste capítulo possa ser aplicada, as seguintes abstrações devem ser feitas.

- Eventos: toda e qualquer supervisão, que pode ser observada, associada às SEs, ou seja, alarmes, comandos, etc;
- Estado de SEDs: representação da configuração das SEs, descrita por um conjunto discreto, como $\{0, 1, 2, \dots\}$;
- Linguagem: conjunto de todas as seqüências de eventos no tempo que as SEs podem executar.

No próximo capítulo, são apresentados o problema de recomposição de subestações com o objetivo de entendê-lo e o método proposto para formular e resolver este problema.

Capítulo 4

Recomposição de Subestações

Após um desligamento geral de subestações, a tarefa de recompô-las é imprescindível. Esta tarefa consiste, basicamente, de realizar ações de verificações e de acionamentos associados aos equipamentos das subestações estruturadamente, de acordo com um normativo operacional.

4.1 O Problema Detalhado

Considere a Figura 4.1. Nesta Figura, um sistema elétrico de potência simplificado é mostrado, composto de uma unidade geradora - $G1$ - de duas subestações de 500 kV - $SE 1$ e $SE 2$ - e de uma subestação - $SE 3$ - de 230 kV. Este sistema elétrico de potência simplificado pode ser utilizado para apresentar o problema de recomposição de subestações de modo geral, visto que as subestações são estruturalmente semelhantes.

A recomposição de subestações pode ser realizada em vários níveis: nível do sistema elétrico (despacho de carga) e nível de subestação. As etapas da recomposição que apenas precisam de informações da subestação para a execução de tais etapas, usualmente, são realizadas pelos operadores das subestações independentemente. Estas etapas, basicamente, são as que antecedem aos fechamentos dos disjuntores das subestações. Já as etapas que necessitam de informações sistêmicas para as suas execuções, usualmente, são realizadas pelos operadores das subestações, mas sob coordenação do despacho de carga. Estas etapas, basicamente, são as associados aos fechamentos dos disjuntores das subestações. Estas etapas têm de ser estruturadas, sistematizadas e sincronizadas. Todas as etapas para a recomposição das subestações poderiam ser realizadas pelo despacho de carga. No entanto, visando a se ter uma dinâmica mais eficiente, as etapas da recomposição são, usualmente, realizadas, conforme descritas anteriormente.

Suponha que uma falta ocorre no sistema elétrico de potência simplificado da Figura 4.1 e que esta falta causa o desligamento das três subestações. Neste cenário, nota-se que

há necessidade de se recompor as três subestações. No entanto, para que a recomposição destas três subestações ocorra, algumas condições gerais devem ser observadas, de acordo com o normativo operacional. O normativo operacional orienta como as manobras devem ser realizadas. Estas orientações são enumeradas a seguir.

1. Verificar se o desligamento das subestações foi geral ou não. Um desligamento geral é caracterizado pela ausência de tensão e de carregamentos em todos os equipamentos das subestações;
2. Verificar se as hierarquias de controles estão selecionadas para operar pelos níveis da subestações. Se não, selecionar as hierarquias de controles para operar pelos níveis das subestações;
3. Verificar se os relés de bloqueio estão atuados. Se sim, comandar os "reset" dos relés de bloqueio em uma ordem pré-estabelecida pelo normativo operacional;
4. Verificar se os reatores estão conectados. Se não, conectar os reatores em uma ordem pré-estabelecida pelo normativo operacional;
5. Verificar se os disjuntores estão abertos. Se não, abrir os disjuntores em uma ordem pré-estabelecida pelo normativo operacional;
6. Verificar se a relação de transformação dos autotransformadores (ATRs) está na faixa estabelecida pelo normativo operacional. Se não, posicionar a relação de transformação dos ATRs na faixa estabelecida pelo normativo operacional;
7. Fechar os disjuntores em uma ordem pré-estabelecida pelo normativo operacional.

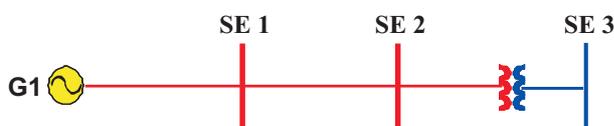


Figura 4.1: Exemplo.

Na Figura 4.2, tem-se um diagrama em blocos das etapas necessárias para a recomposição das subestações apresentadas na Figura 4.1. Na Figura 4.2, a referência de tempo se dá da esquerda para a direita. Para que cada etapa associada a cada bloco possa ser executada, as etapas anteriores associadas aos blocos de entradas devem ser executadas com sucesso. Observe que até a etapa de *Fechar Disjuntores da SE 1*, as etapas de recomposição associadas a cada SE podem ocorrer independentemente. Da etapa *Fechar*

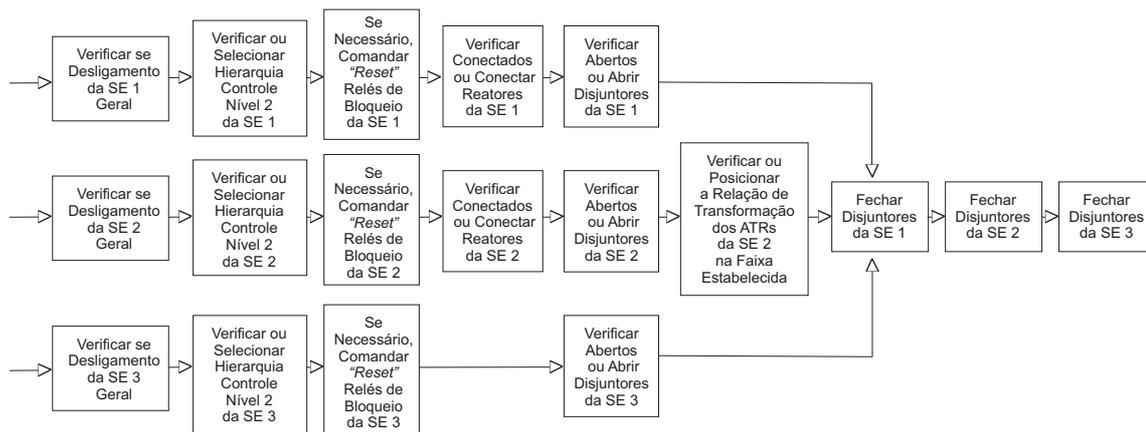


Figura 4.2: Diagrama em Blocos.

Disjuntores da SE 1 em diante, as etapas devem ser realizadas de modo estruturado, sistematizado e sincronizado. No normativo operacional, são descritas as etapas que devem ser executadas para a recomposição de subestações.

Logo, o problema de recomposição de subestações é apresentado.

4.2 Método Proposto

As subestações são compostas por elementos semelhantes, ou seja, disjuntores, chaves seccionadoras, transformadores, reatores, etc. Conseqüentemente, os modelos associados aos equipamentos que compõem as subestações são também semelhantes. Logo, a metodologia de modelagem proposta neste trabalho é válida para qualquer elemento que compõe as subestações e para qualquer subestação.

Neste trabalho, a subestação é tratada para fins de recomposição. Sendo assim, é importante observar o comportamento dos equipamentos que a constituem. Com o advento da tecnologia digital, as dinâmicas dos equipamentos da subestação são orientadas a eventos e podem ser consideradas discretas. Neste contexto, é necessária a modelagem dos equipamentos da subestação, utilizando os princípios de sistemas a eventos discretos.

Após entender o problema de recomposição de subestações e com objetivo de formulá-lo e resolvê-lo, é importante adotar um método. Os passos do método adotado são descritos a seguir.

1. Caso de uma Subestação: considerar um caso de uma subestação para tratar, inclusive, com a complexidade de um sistema real;
2. Estudar do Normativo: leitura e interpretação de todas as etapas especificadas no normativo operacional de recomposição da subestação;

3. Construção de Modelos: construção de um modelo para cada etapa do normativo operacional;
4. Composição Parcial: composição em modelos mais complexos por "se" e por "vão", a partir dos modelos de cada etapa do normativo operacional;
5. Composição Global: uso de técnicas de modelagem para compor os modelos mais complexos em modelos representativos da subestação.

A seguir, são apresentados os modelos básicos - subestação desenergizada, comando de diminuir a relação de transformação de um comutador de derivação em carga e demais comandos associados a equipamentos - que orientam as modelagens propostas e suas respectivas formulações matemáticas em autômatos.

4.2.1 Modelos Básicos

De forma genérica, o modelo básico baseado na subestação desenergizada é descrito a seguir.

1. Verificar se a subestação está desenergizada e se não há condição alguma que causa impedimento para o início da recomposição. Se sim, vai para o próximo passo. Caso contrário, um bloqueio deve ocorrer;
2. Iniciar a recomposição e ir para o próximo modelo.

Neste modelo básico, inicialmente, o sistema está no estado marcado 1. Neste estado, avalia-se se a subestação está desenergizada e se não há condição alguma que causa impedimento para o início da recomposição. Se sim, o sistema vai para o próximo passo, representado pelo estado 2. Caso contrário, o sistema vai para um estado de bloqueio, representado pelo estado marcado 5. No estado 2, o sistema inicia a recomposição da subestação e vai para o próximo passo, representado pelo estado 3. No estado 3, o sistema vai para o próximo modelo, representado pelo estado marcado 4.

A formulação matemática para o modelo básico baseado na subestação desenergizada é apresentada a seguir. Observe que em cada mudança de estado, há um mnemônico relacionado ao evento associado, conforme descrito anteriormente.

Definição 13 *Autômato Determinístico que Representa uma Subestação Desenergizada*

$$G = (X, E, f, \Gamma, x_0, X_m). \quad (4.1)$$

Onde:

$X = (1, 2, 3, 4, 5);$
 $E = (se_energ, se_desenerg, inic_recomp, prox_mod);$
 $f(1, se_desenerg) = 2; f(2, inic_recomp) = 3; f(3, prox_mod) = 4; f(1, se_energ) =$
 $5;$
 $\Gamma(1) = (se_energ, se_desenerg); \Gamma(2) = (inic_recomp); \Gamma(3) = (prox_mod); \Gamma(4) =$
 $\phi; \Gamma(5) = \phi;$
 $x_0 = (1);$
 $X_m = (1, 4, 5).$

Na Figura 4.3, é apresentado este autômato graficamente.

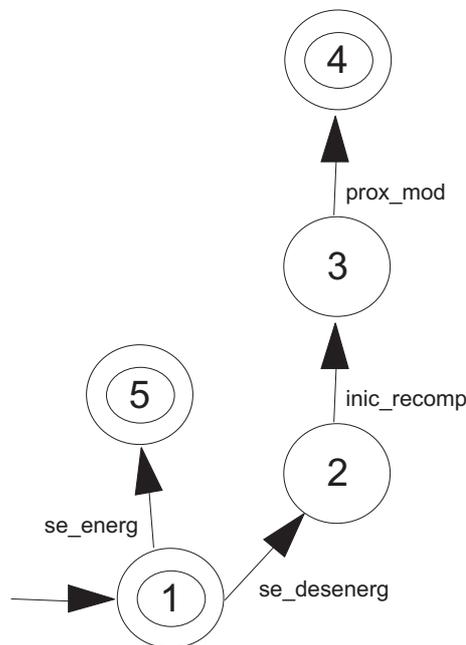


Figura 4.3: Autômato da Modelagem de Subestação Desenergizada.

De forma genérica, o modelo básico baseado no comando de diminuir a relação de transformação de um comutador de derivação em carga é descrito a seguir.

1. Verificar a relação de transformação do comutador de derivação em carga. Se um comando para diminuir a relação de transformação do comutador de derivação em carga é necessário, vai para o próximo passo. Caso contrário, vai para o próximo modelo;
2. Verificar se há alguma condição que causa impedimento do comutador de derivação em carga. Se sim, um bloqueio deve ocorrer. Caso contrário, vai para o próximo passo;

3. Verificar se houve alteração das condições dos equipamentos anteriormente avaliados ou avaliados e manobrados. Se sim, um bloqueio deve ocorrer. Caso contrário, vai para o próximo passo;
4. Comandar. Se houver sucesso no comando, vai para o passo 1. Caso contrário, um bloqueio deve ocorrer.

Neste modelo básico, inicialmente, o sistema está no estado marcado 1. Neste estado, avalia-se se a relação de transformação do comutador de derivação em carga. Se um comando para diminuir a relação de transformação do comutador de derivação em carga é necessário, o sistema vai para o próximo passo, representado pelo estado 2. Caso contrário, o sistema vai para o estado 7. No estado 2, o sistema avalia se há alguma condição que causa impedimento do comutador de derivação em carga. Se sim, o sistema vai para um estado de bloqueio, representado pelo estado marcado 6. Caso contrário, vai para o próximo passo, representado pelo estado 3. No estado 3, o sistema avalia se houve alteração das condições dos equipamentos anteriormente avaliados ou avaliados e manobrados. Se sim, o sistema vai para um estado de bloqueio, representado pelo estado marcado 6. Caso contrário, o sistema vai para o próximo passo, representado pelo estado 4. No estado 4, o sistema comanda para diminuir a relação de transformação do comutador de derivação em carga e vai para o próximo passo, representado pelo estado 5. No estado 5, o sistema avalia a execução do comando de diminuir a relação de transformação do comutador de derivação em carga. Se houver sucesso na execução deste comando, o sistema vai para o próximo passo, representado pelo estado marcado 1. Caso contrário, o sistema vai para um estado de bloqueio, representado pelo estado marcado 6. No estado 7, o sistema vai para o próximo modelo, representado pelo estado marcado 8.

A formulação matemática para o modelo básico baseado no comando de diminuir a relação de transformação de um comutador de derivação em carga é apresentada a seguir. Observe que em cada mudança de estado, há um mnemônico relacionado ao evento associado, conforme descrito anteriormente.

Definição 14 *Autômato Determinístico que Representa o Comando de Diminuir a Relação de Transformação de um Comutador de Derivação em Carga*

$$G = (X, E, f, \Gamma, x_0, X_m). \quad (4.2)$$

Onde:

$$X = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8);$$

$$E = (\text{trafo_fora_faixa}, \text{trafo_dentro_faixa}, \text{prox_mod}, \text{cdc_n_imp}, \text{cmd_ok}, \text{cdc_imp}, \text{n_alt_cond_eq}, \text{alt_cond_eq}, \text{cmd_dim}, \text{cmd_fal});$$

$f(1, \text{trafo_fora_faixa}) = 2$; $f(2, \text{cdc_n_imp}) = 3$; $f(3, \text{n_alt_cond_eq}) = 4$; $f(4, \text{cmd_dim}) = 5$; $f(5, \text{cmd_fal}) = 6$; $f(5, \text{cmd_ok}) = 1$; $f(2, \text{cdc_imp}) = 6$; $f(3, \text{alt_cond_eq}) = 6$; $f(1, \text{trafo_dentro_faixa}) = 7$; $f(7, \text{prox_mod}) = 8$;

$\Gamma(1) = (\text{trafo_dentro_faixa}, \text{trafo_fora_faixa})$; $\Gamma(2) = (\text{cdc_n_imp}, \text{cdc_imp})$; $\Gamma(3) = (\text{n_alt_cond_eq}, \text{alt_cond_eq})$; $\Gamma(4) = (\text{cmd_dim})$; $\Gamma(5) = (\text{cmd_fal}, \text{cmd_ok})$; $\Gamma(6) = \phi$; $\Gamma(7) = (\text{prox_mod})$; $\Gamma(8) = \phi$;

$x_0 = (1)$;

$X_m = (1, 6, 8)$.

Na Figura 4.4, é apresentado este autômato graficamente.

De forma genérica, o modelo básico baseado nos demais comandos associados a equipamentos é descrito a seguir.

1. Verificar a condição do equipamento. Se um comando é necessário, vai para o próximo passo. Caso contrário, vai para o próximo modelo;
2. Verificar se há alguma condição que causa impedimento do equipamento. Se sim, um bloqueio deve ocorrer. Caso contrário, vai para o próximo passo;
3. Verificar se houve alteração das condições dos equipamentos anteriormente avaliados ou avaliados e manobrados. Se sim, um bloqueio deve ocorrer. Caso contrário, vai para o próximo passo;
4. Comandar. Se houver sucesso no comando, vai para o próximo modelo. Caso contrário, um bloqueio deve ocorrer.

Neste modelo básico, inicialmente, o sistema está no estado marcado 1. Neste estado, avalia-se se a condição do equipamento. Se um comando é necessário, o sistema vai para o próximo passo, representado pelo estado 2. Caso contrário, o sistema vai para o estado 7. No estado 2, o sistema avalia se há alguma condição que causa impedimento do equipamento. Se sim, o sistema vai para um estado de bloqueio, representado pelo estado marcado 6. Caso contrário, vai para o próximo passo, representado pelo estado 3. No estado 3, o sistema avalia se houve alteração das condições dos equipamentos anteriormente avaliados ou avaliados e manobrados. Se sim, o sistema vai para um estado de bloqueio, representado pelo estado marcado 6. Caso contrário, o sistema vai para o próximo passo, representado pelo estado 4. No estado 4, o sistema comanda o equipamento e vai para o próximo passo, representado pelo estado 5. No estado 5, o sistema avalia a execução do comando de equipamento. Se houver sucesso na execução deste comando, o sistema vai para o próximo passo, representado pelo estado 7. Caso contrário, o sistema

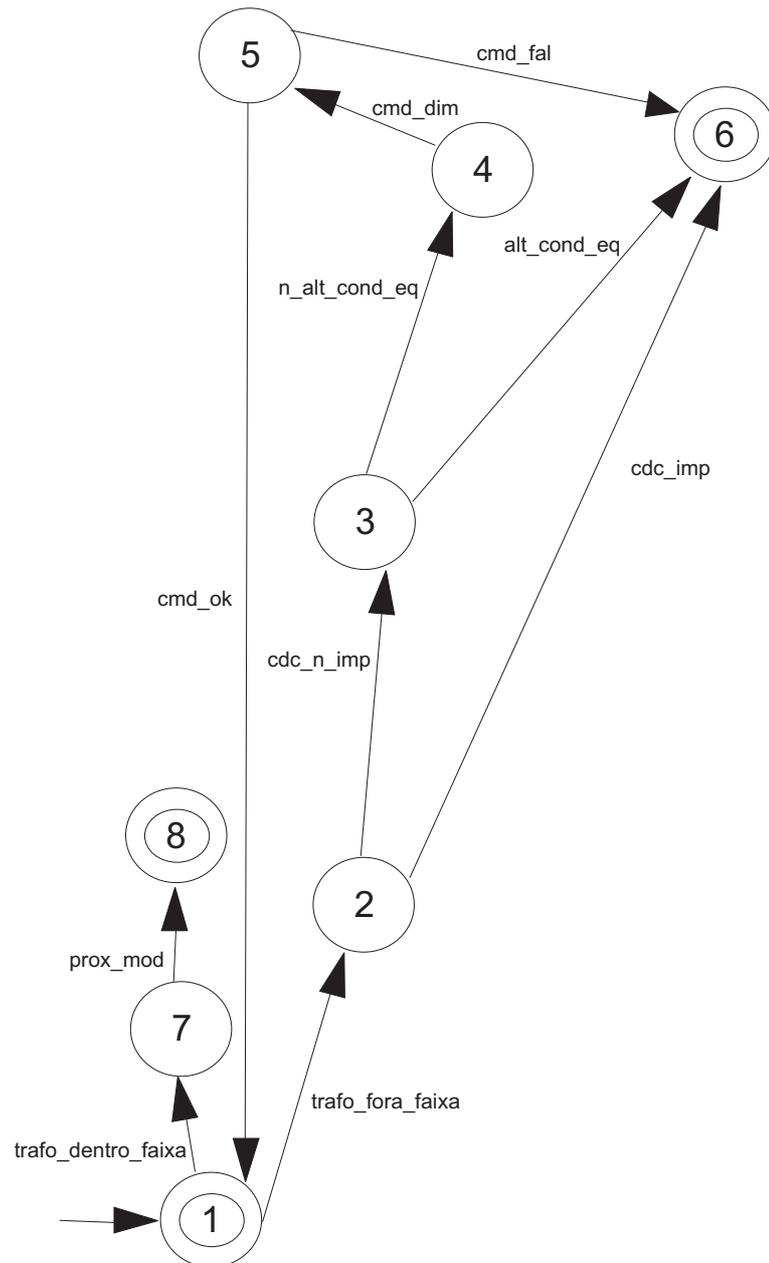


Figura 4.4: Autômato da Modelagem do Comando de Diminuir a Relação de Transformação de um Comutador de Derivação em Carga.

vai para um estado de bloqueio, representado pelo estado marcado 6. No estado 7, o sistema vai para o próximo modelo, representado pelo estado marcado 8.

A formulação matemática para o modelo básico baseado nos demais comandos associados a equipamentos é apresentada a seguir. Observe que em cada mudança de estado, há um mnemônico relacionado ao evento associado, conforme descrito anteriormente.

Definição 15 *Autômato Determinístico que Representa Individualmente os Demais Comandos Associados a Equipamentos*

$$G = (X, E, f, \Gamma, x_0, X_m). \quad (4.3)$$

Onde:

$$X = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8);$$

$$E = (cond_n_ok, cond_ok, prox_mod, n_imp, cmd_ok, imp, n_alt_cond_eq, alt_cond_eq, cmd, cmd_fal);$$

$$f(1, cond_ok) = 2; f(2, n_imp) = 3; f(3, n_alt_cond_eq) = 4; f(4, cmd) = 5; f(5, cmd_fal) = 6; f(5, cmd_ok) = 7; f(2, imp) = 6; f(3, alt_cond_eq) = 6; f(1, cond_n_ok) = 7; f(7, prox_mod) = 8;$$

$$\Gamma(1) = (cond_n_ok, cond_ok); \Gamma(2) = (n_imp, imp); \Gamma(3) = (n_alt_cond_eq, alt_cond_eq); \Gamma(4) = (cmd); \Gamma(5) = (cmd_fal, cmd_ok); \Gamma(6) = \phi; \Gamma(7) = (prox_mod); \Gamma(8) = \phi;$$

$$x_0 = (1);$$

$$X_m = (1, 6, 8).$$

Na Figura 4.5, é apresentado este autômato graficamente.

4.3 Observações Importantes

Os modelos propostos independem do arranjo físico da subestação, visto que esta característica relacionada ao arranjo da subestação é também considerada na modelagem proposta. Desta forma, os modelos propostos são válidos para qualquer subestação, independentemente, do tipo de arranjo físico associado à subestação.

Note que:

- Os modelos propostos, neste trabalho, consideram os eventos associados às etapas do normativo operacional. Sendo assim, detalhes associados às características intrínsecas dos equipamentos são abstraídos;
- A solução proposta, neste trabalho, é exemplificada para um caso de uma subestação e, conseqüentemente, para alguns equipamentos que compõem uma subestação real. No entanto, caso se tenha uma outra subestação com equipamentos não exemplificados nesta solução e/ou outras etapas associadas a seu normativo operacional e sejam necessários os modelos associados a estes equipamentos e/ou outras etapas, os mesmos princípios de modelagens utilizados neste trabalho podem ser usados para a modelagem destes equipamentos e/ou outras etapas;
- As modelagens propostas, neste trabalho, são baseadas nos modelos básicos, apresentados anteriormente. As formulações matemáticas destes modelos básicos foram

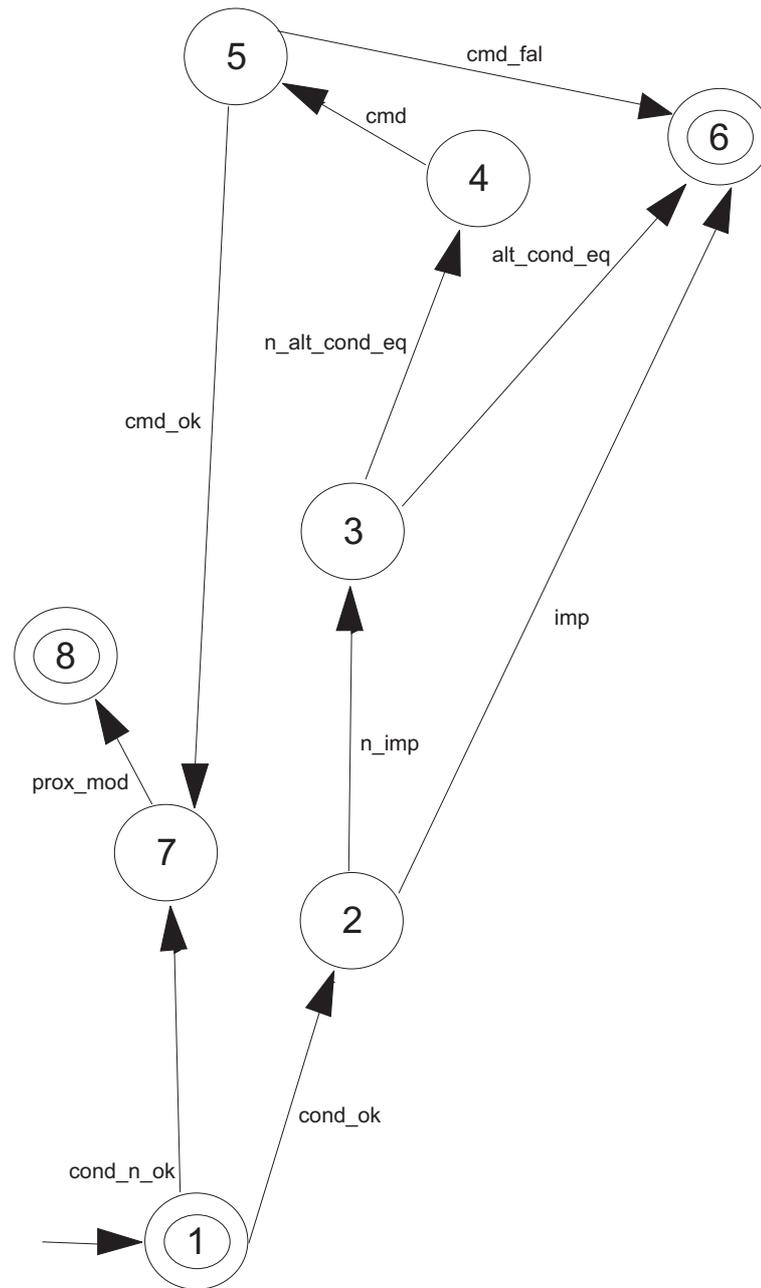


Figura 4.5: Autômato da Modelagem Individual dos Demais Comandos Associados a Equipamentos.

realizadas, através de autômatos. Isto se deve à opção de apresentar os sub-sistemas mais simples de forma relativamente compacta. Entretanto, é prudente observar estes mesmos modelos ou versões mais complexas deles em termos de RPCs, para que o leitor entenda como construir o modelo a partir de subestação e quais são as vantagens de adotar RPCs, ao invés de autômatos. As modelagens apresentadas neste trabalho são realizadas em RPCs, haja vista RPCs permitirem uma modelagem detalhada e possuírem técnicas de análise que permitem a comprovação da correteza da solução proposta.

No próximo capítulo, são apresentadas a interpretação e a tradução dos procedimentos de recomposição - que estabelecem as manobras a serem realizadas, quando da necessidade de recompor uma instalação - em um algoritmo estruturado e escalável de um caso prático de uma SE, para que se possa formular e resolver o problema de recomposição de subestações.

Capítulo 5

Estudo de Caso

Com o objetivo de exemplificar o problema e a solução proposta apresentados neste trabalho, é considerado em detalhes um caso de uma SE. O sistema a ser considerado é uma SE, Sobral III, de 500 kV/230 kV do sistema de transmissão da CHESF. Esta SE foi escolhida para a exemplificação da solução proposta neste trabalho por ser representativa, ou seja, uma SE com duas linhas de transmissão de 500 kV com reatores associados, um banco de ATRs de 500 kV/230 kV e duas linhas de transmissão de 230 kV. Tendo assim, um conjunto representativo de elementos necessários à operação de uma SE de transmissão.

Para permitir a compreensão da formulação e da solução apresentadas neste trabalho para automatizar o procedimento de recomposição de subestações, as definições dos termos *vão* e *bay de transferência* são importantes.

Definição 16 *Vão*

Vão é o termo utilizado em engenharia elétrica para designar uma seção de uma subestação, que é composta por um conjunto de equipamentos em um sistema elétrico de potência (disjuntores, chaves seccionadoras, reatores, transformadores, etc).

Definição 17 *Bay de Transferência*

Bay de Transferência é a expressão utilizada em engenharia elétrica para designar a seção de uma subestação usada quando é necessária a transferência de disjuntores associados ao nível de tensão desta seção.

Na Figura 5.1, pode-se observar o diagrama unifilar simplificado da SE Sobral III. Observe que, na Figura 5.1, a cor vermelha representa o nível de tensão de 500 kV e a cor azul representa o nível de tensão de 230 kV.

Na Figura 5.1, pode-se notar os seguintes vãos e seus respectivos equipamentos associados:

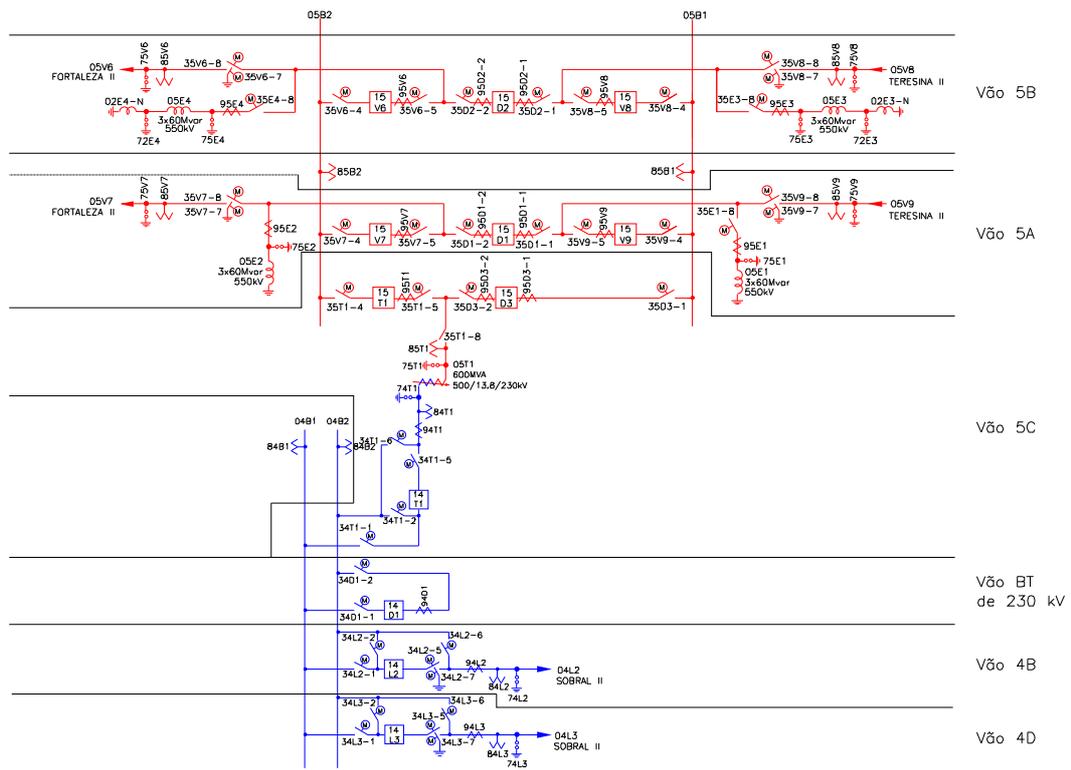


Figura 5.1: Diagrama Unifilar Simplificado da Subestação Sobral III.

- Vão 5A → Disjuntores $15V7$, $15D1$, $15V9$, chaves seccionadoras, Transformadores de Potencial (TPs), Transformadores de Corrente (TCs) e reatores associados;
- Vão 5B → Disjuntores $15V6$, $15D2$, $15V8$, chaves seccionadoras, TP, TCs e reatores associados;
- Vão 5C → Disjuntores $15T1$, $15D3$, $14T1$, ATR $05T1$, chaves seccionadoras, TP e TCs associados;
- Vão Bay de Transferência (BT) de 230 kV → Disjuntor $14D1$, chaves seccionadoras e TC associados;
- Vão 4B → Disjuntor $14L2$, chaves seccionadoras, TP e TC associados;
- Vão 4D → Disjuntor $14L3$, chaves seccionadoras, TP e TC associados.

Note que, nas designações das nomenclaturas dos vãos, "5" refere-se ao nível de tensão de 500 kV e "4" refere-se ao nível de tensão de 230 kV.

5.1 O Normativo Operacional de Recomposição da Subestação Sobral III

Após um desligamento de SE, as manobras de recomposição da SE são orientadas, através de um normativo operacional (CHESF, 2007). Este normativo operacional estabelece, inicialmente, que algumas condições, que caracterizam que o desligamento da SE ocorreu, devem ser observadas, para que, em seguida, sejam tomadas algumas ações seqüenciais estruturadas com o intuito de recompor a SE a suas condições operacionais.

5.1.1 Etapas Principais

Após estudo e análise das etapas do normativo operacional, que descrevem as condições que caracterizam que o desligamento ocorreu e as ações seqüenciais estruturadas, e objetivando a formulação, solução e generalização do problema de recomposição de SE, em RPCHs, são descritas, conforme segue, as etapas detalhadas de recomposição.

1. Identificar que o desligamento foi geral, caracterizado por falta de tensão e inexistência de carregamento na subestação;
2. Confirmar ou colocar as Interfaces Humano-Máquina (IHMs) para operar pelo Nível 2 (N2) - Nível de Operação, Através do Sistema Supervisório da Subestação;
3. Comandar os "reset" nos relés de bloqueio na seguinte ordem: *15V9*, *15D1*, *15V7*, *15V8*, *15D2*, *15V6*, *15T1*, *15D3*, *14T1*, *14L2*, *14L3* e do Comutador de Derivação em Carga (CDC) do *05T1*;
4. Confirmar conectados ou conectar os reatores na seguinte ordem: *05E1*, *05E2*, *05E3*, *05E4*, através das respectivas chaves seccionadoras *35E1-8*, *35E2-8*, *35E3-8*, *35E4-8*;
5. Confirmar abertos ou abrir os disjuntores na seguinte ordem: *15V9*, *15D1*, *15V7*, *15V8*, *15D2*, *15V6*, *15T1*, *15D3*, *14T1*, *14D1*, *14L2* e *14L3*;
6. Posicionar a relação de transformação do ATR *05T1* na faixa de 1 a 16;
7. Observar se há tensão na Linha de Transmissão (LT) *05V9*, ou seja, observar se a tensão na LT *05V9* é maior que 30 kV¹. Se houver tensão, fechar o disjuntor *15V9*;
8. Observar se há autorização do Centro Regional de Operação Norte (CRON). Se houver autorização, fechar o disjuntor *15D1*;

¹Faixa de valores considerados, neste trabalho, como sendo identificadores de tensão no respectivo TP associado à tensão.

9. Fechar o disjuntor *15V7*;
10. Observar se há tensão na LT 04L2, ou seja, observar se a tensão na LT 04L2 é maior que 30 kV. Se houver tensão, fechar o disjuntor *14L2*;
11. Observar se há tensão na LT 04L3, ou seja, observar se a tensão na LT 04L3 é maior que 30 kV. Se houver tensão, fechar o disjuntor *14L3*;
12. Observar se a tensão na Barra 2 de 500 kV é menor que 550 kV e maior que 30 kV, e se a relação de transformação do ATR *05T1* está na faixa de 1 e 16. Se ambas as condições forem satisfeitas, fechar o disjuntor *15T1*;
13. Fechar o disjuntor *15D3*;
14. Observar se há autorização do CRON. Se houver autorização, fechar o disjuntor *14T1*;
15. Observar se há tensão na LT 05V8, ou seja, observar se a tensão na LT 05V8 é maior que 30 kV. Se houver tensão, fechar o disjuntor *15V8*;
16. Observar se há autorização do CRON. Se houver autorização, fechar o disjuntor *15D2*;
17. Fechar o disjuntor *15V6*.

Esta ordem de execução deve ser respeitada.

5.1.2 Etapas Complementares

Em complemento às etapas anteriores, existem duas observações a serem feitas:

- Se o fechamento dos disjuntores *15V9* e *15D1* ou dos disjuntores *15D1* e *15V7* ou dos disjuntores *15V9* e *15V7* não ocorrer, a próxima etapa de recomposição deve ser a etapa 15;
- Após a etapa 17, se o fechamento dos disjuntores *15V9* e *15D1* ou dos disjuntores *15D1* e *15V7* ou dos disjuntores *15V9* e *15V7* não tiver ocorrido, a próxima etapa de recomposição deve ser a etapa 10.

5.1.3 Caracterização do Desligamento

A etapa 1, descrita anteriormente, é caracterizada pela ocorrência de falta de tensão e inexistência de carregamento na subestação completamente. A caracterização desta ocorrência é traduzida em todas as seções da SE e suas respectivas supervisões que caracterizam esta ocorrência. Todas estas seções da SE e suas respectivas supervisões são mostradas a seguir.

- Falta de Tensão na Barra 1 de 500 kV \rightarrow Tensão do TP da Barra 1 de 500kV \leq 30kV e Mini-Disjuntor (MD) do TP da Barra 1 de 500kV Atuado;
- Falta de Tensão na Barra 2 de 500 kV \rightarrow Tensão do TP da Barra 2 de 500kV \leq 30kV e MD do TP da Barra 2 de 500kV Atuado;
- Falta de Tensão na Barra 1 de 230 kV \rightarrow Tensão do TP da Barra 1 de 230kV \leq 30kV e MD do TP da Barra 1 de 230kV Atuado;
- Falta de Tensão na Barra 2 de 230 kV \rightarrow Tensão do TP da Barra 2 de 230kV \leq 30kV e MD do TP da Barra 2 de 230kV Atuado;
- Falta de Tensão na LT 05V6 \rightarrow Tensão do TP da LT 05V6 \leq 30kV e MD do TP da LT 05V6 Atuado;
- Falta de Tensão na LT 05V8 \rightarrow Tensão do TP da LT 05V8 \leq 30kV e MD do TP da LT 05V8 Atuado;
- Falta de Tensão na LT 05V7 \rightarrow Tensão do TP da LT 05V7 \leq 30kV e MD do TP da LT 05V7 Atuado;
- Falta de Tensão na LT 05V9 \rightarrow Tensão do TP da LT 05V9 \leq 30kV e MD do TP da LT 05V9 Atuado;
- Falta de Tensão no Lado de Alta do ATR 05T1 \rightarrow Tensão do TP de Alta do ATR 05T1 \leq 30kV e MD do TP de Alta do ATR 05T1 Atuado;
- Falta de Tensão no Lado de Baixa do ATR 05T1 \rightarrow Tensão do TP de Baixa do ATR 05T1 \leq 30kV e MD do TP de Baixa do ATR 05T1 Atuado;
- Falta de Tensão na LT 04L2 \rightarrow Tensão do TP da LT 04L2 \leq 30kV e MD do TP da LT 04L2 Atuado;
- Falta de Tensão na LT 04L3 \rightarrow Tensão do TP da LT 04L3 \leq 30kV e MD do TP da LT 04L3 Atuado;

- Inexistência de Carregamento no Setor de 500 kV → Corrente do TC $95E4 \leq 10$ kA ² e Corrente do TC $95V6 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95D2-2 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95D2-1 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95V8 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95E3 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95E2 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95V7 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95D1-2 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95D1-1 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95V9 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95E1 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95T1 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95D3-2 \leq 10$ kA e Corrente do TC $95D3-1 \leq 10$ kA;
- Inexistência de Carregamento no Setor de 230 kV → Corrente do TC $94T1 \leq 10$ kA e Corrente do TC $94D1 \leq 10$ kA e Corrente do TC $94L2 \leq 10$ kA e Corrente do TC $94L3 \leq 10$ kA.

5.1.4 Considerações sobre o Normativo Operacional

Na etapa 3, de acordo com o normativo operacional de recomposição de SE, deve-se observar que alguns relés de bloqueio são "importantes" de serem comandados os "reset" e outros são "imprescindíveis". Caso existam falhas nas manobras de fechamento de alguns disjuntores, o plano de recomposição possui alternativas, para que a recomposição seja efetuada com sucesso. Os relés de bloqueio associados a estes disjuntores que não, necessariamente, precisam ser fechados para que a recomposição tenha sucesso são ditos "importantes", mas não "imprescindíveis" para o sucesso do plano de recomposição da SE. Os relés de bloqueio "importantes" de serem comandados os "reset" são: $15V9$, $15D1$, $15V7$, $14L2$, $15D3$ e $15D2$.

Na etapa 4, é importante notar que, para se ter sucesso na recomposição de um determinado vão, todos os reatores associados ao vão devem estar conectados.

Na etapa 5, é importante observar que, para que se possa passar para a próxima etapa de recomposição, todos os disjuntores devem estar abertos.

Na etapa 6, é importante notar que, para que se possa passar para a próxima etapa de recomposição, a relação de transformação do ATR $05T1$ deve estar na faixa de 1 a 16.

Na etapa 7, a pré-condição "observar se há tensão na LT $05V9$ " é função das seguintes supervisões: Tensão do TP da LT $05V9 > 30$ kV e MD do TP da LT $05V9$ Atuado.

Na etapa 10, a pré-condição "observar se há tensão na LT $04L2$ " é função das seguintes supervisões: Tensão do TP da LT $04L2 > 30$ kV e MD do TP da LT $04L2$ Atuado.

Na etapa 11, a pré-condição "observar se há tensão na LT $04L3$ " é função das seguintes supervisões: Tensão do TP da LT $04L3 > 30$ kV e MD do TP da LT $04L3$ Atuado.

Na etapa 12, a pré-condição "observar se a tensão na Barra 2 de 500 kV é menor que

²Faixa de valores considerados, neste trabalho, como sendo identificadores de inexistência de carregamento no respectivo TC associado à corrente.

550 kV e se a relação de transformação do ATR *05T1* está na faixa de 1 e 16" é função das seguintes supervisões: $550 \text{ kV} > \text{Tensão do TP de Alta do ATR } 05T1 > 30\text{kV}$, MD do TP de Alta do ATR *05T1* Atuado e $16 \geq \text{Relação de Transformação do ATR } 05T1 \geq 1$.

Na etapa 15, a pré-condição "observar se há tensão na LT 05V8" é função das seguintes supervisões: $\text{Tensão do TP da LT } 05V8 > 30\text{kV}$ e MD do TP da LT 05V8 Atuado.

5.1.5 Alguns Compromissos da Formulação e da Resolução do Problema

Alguns compromissos - que a formulação e a resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE devem ter - relacionados às etapas 7 a 17 são apresentados a seguir.

- Etapa 7 → Se o fechamento do disjuntor *15V9* ocorrer ou não, o automatismo prossegue;
- Etapa 8 → Se o fechamento do disjuntor *15D1* não ocorrer e o disjuntor *15V9* estiver aberto, o automatismo de recomposição de SE deve ir para a etapa 15;
- Etapa 9 → Se o fechamento dos disjuntores *15V9* e *15D1* ou dos disjuntores *15D1* e *15V7* ou dos disjuntores *15V9* e *15V7* não tiver ocorrido, o automatismo de recomposição deve ir para a etapa 15;
- Etapa 10 → Se o fechamento do disjuntor *14L2* ocorrer ou não, o automatismo prossegue;
- Etapa 11 → Se o fechamento do disjuntor *14L3* não ocorrer, o automatismo pára;
- Etapa 12 → Se o fechamento do disjuntor *15T1* não ocorrer, o automatismo pára;
- Etapa 13 → Se o fechamento do disjuntor *15D3* ocorrer ou não, o automatismo prossegue;
- Etapa 14 → Se o fechamento do disjuntor *14T1* não ocorrer, o automatismo pára;
- Etapa 15 → Se o fechamento do disjuntor *15V8* não ocorrer, o automatismo pára;
- Etapa 16 → Se o fechamento do disjuntor *15D2* ocorrer ou não, o automatismo prossegue;
- Etapa 17 → Se o fechamento do disjuntor *15V6* não ocorrer, o automatismo pára.

Em complemento às etapas anteriores, existem duas observações a serem feitas:

- Após a etapa 14, se o fechamento dos disjuntores *15V9* e *15D1* ou dos disjuntores *15D1* e *15V7* ou dos disjuntores *15V9* e *15V7* não tiver ocorrido, o automatismo deve parar. Caso contrário, o automatismo deve prosseguir;
- Após a etapa 17, se o fechamento dos disjuntores *15V9* e *15D1* ou dos disjuntores *15D1* e *15V7* ou dos disjuntores *15V9* e *15V7* tiver ocorrido, o automatismo deve parar.

5.2 Relações entre o Normativo Operacional e as Modelagens

As relações entre as etapas de 1 a 17 do normativo operacional, que estabelecem as condições que devem ser avaliadas ou avaliadas e manobradas, quando da necessidade de recompor a SE, e as modelagens necessárias para a realização deste normativo são apresentadas a seguir.

- Etapa 1 → Modelagem do "*estado da SE*";
- Etapa 2 → Modelagem do "*controle da SE*";
- Etapa 3 → Modelagem dos comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio na seguinte ordem: Vão 5A - Disjuntores - 86l, Vão 5B - Disjuntores - 86l, Vão 5C - Disjuntores - 86l, Vão 4B - Disjuntor - 86l, Vão 4D - Disjuntor - 86l, Vão 5C - CDC - 86c;
- Etapa 4 → Modelagem dos comandos de fechar as chaves seccionadoras associadas aos reatores na seguinte ordem: Vão 5A - Reatores - Chaves Seccionadoras, Vão 5B - Reatores - Chaves Seccionadoras;
- Etapa 5 → Modelagem dos comandos de abrir os disjuntores na seguinte ordem: Vão 5A - Disjuntores, Vão 5B - Disjuntores, Vão 5C - Disjuntores, Vão BT de 230 kV - Disjuntor, Vão 4B - Disjuntor, Vão 4D - Disjuntor;
- Etapa 6 → Modelagem do comando de posicionar a relação de transformação do ATR *05T1* na faixa de 1 a 16: Vão 5C - CDC;
- Etapa 7 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *15V9*: Vão 5A - Disjuntor;
- Etapa 8 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *15D1*: Vão 5A - Disjuntor;
- Etapa 9 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *15V7*: Vão 5A - Disjuntor;

- Etapa 10 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *14L2*: Vão 4B - Disjuntor;
- Etapa 11 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *14L3*: Vão 4D - Disjuntor;
- Etapa 12 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *15T1*: Vão 5C - Disjuntor;
- Etapa 13 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *15D3*: Vão 5C - Disjuntor;
- Etapa 14 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *14T1*: Vão 5C - Disjuntor;
- Etapa 15 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *15V8*: Vão 5B - Disjuntor;
- Etapa 16 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *15D2*: Vão 5B - Disjuntor;
- Etapa 17 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *15V6*: Vão 5B - Disjuntor.

5.3 A Estratégia

Após esta análise, com o objetivo de formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, percebe-se que há alguns elementos básicos, que são imprescindíveis de se modelar, como, por exemplo, disjuntor, chave seccionadora, cdc, estado da SE e o controle da SE. Após estas modelagens, são necessárias técnicas para integrar estes modelos em modelos mais complexos, para formular, resolver e generalizar o problema de automatizar o plano de recomposição de SE.

No próximo capítulo, é mostrada a generalização da solução proposta neste trabalho, que pode ser utilizada, não só para diversas subestações, como também para outras plantas.

Capítulo 6

Generalização

A solução proposta neste trabalho para resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através de modelagem em RPCHs, é exemplificada para o caso de uma SE. No entanto, devido à metodologia e à escalabilidade desta solução proposta, pode-se generalizar esta solução, inicialmente, para " N " SEs e, conseqüentemente, para outras plantas, além de SEs.

Inicialmente, com o objetivo de apresentar a generalização da solução proposta neste trabalho, para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE - através de modelagem em RPCHs - para " N " SEs, são mostradas as estruturas da solução proposta neste trabalho para uma e duas SEs Sobral III. Estas estruturas podem ser desdobradas para " N " SEs Sobral III, o que permite o entendimento da generalização da solução proposta para " N " SEs.

Em seguida, com o objetivo de apresentar a generalização da solução proposta neste trabalho, para outras plantas, além de SEs, é mostrado - de modo geral - o algoritmo utilizado para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE - através de modelagem em RPCHs - explicando, inclusive, a metodologia e a escalabilidade gerais da solução proposta neste trabalho.

6.1 Uma Subestação

Tomaram-se como referência a SE Sobral III e os procedimentos operacionais, já apresentados e analisados no Capítulo 4.

A solução proposta neste trabalho para resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através de modelagem em RPCHs, é, preliminarmente, modelada em sub-redes - imprescindíveis para a formulação e resolução do problema de automatizar o plano de recomposição de SE, através de RPCHs, e.g. - disjuntor, chave seccionadora, cdc, estado da SE e controle da SE.

Na Figura 6.1, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da sub-rede que modela um disjuntor de potência para fins de recomposição automática de SE. Cada sub-bloco dentro do bloco "*Disjuntor de Potência*" representa uma *página*, associada ao automatismo de recomposição de SE, do modelo de disjuntor de potência em RPCHs, explicado anteriormente.

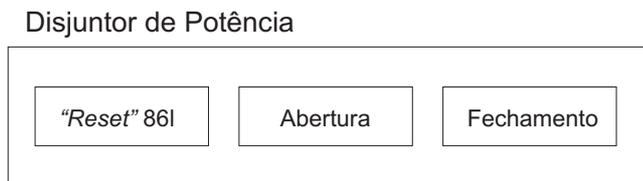


Figura 6.1: Diagrama em Blocos da Representação da Sub-Rede que Modela um Disjuntor de Potência.

Na Figura 6.2, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da sub-rede que modela uma chave seccionadora para fins de recomposição automática de SE. O sub-bloco dentro do bloco "*Chave Seccionadora*" representa uma *página*, associada ao automatismo de recomposição de SE, do modelo da chave seccionadora em RPCHs, explicado anteriormente.

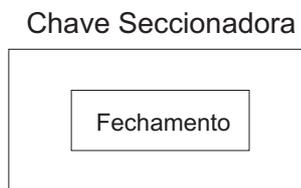


Figura 6.2: Diagrama em Blocos da Representação da Sub-Rede que Modela uma Chave Seccionadora.

Na Figura 6.3, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da sub-rede que modela um cdc para fins de recomposição automática de SE. Cada sub-bloco dentro do bloco "*CDC*" representa uma *página*, associada ao automatismo de recomposição de SE, do modelo do cdc em RPCHs, explicado anteriormente.



Figura 6.3: Diagrama em Blocos da Representação da Sub-Rede que Modela um Comutador de Derivação em Carga.

Na Figura 6.4, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs,

da sub-rede que modela o estado de uma SE para fins de recomposição automática de SE. O sub-bloco dentro do bloco "*Estado de SE*" representa uma *página*, associada ao automatismo de recomposição de SE, do modelo de estado de SE em RPCHs, explicado anteriormente.

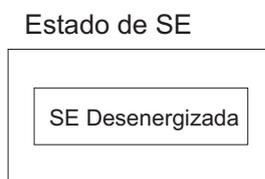


Figura 6.4: Diagrama em Blocos da Representação da Sub-Rede que Modela o Estado de uma Subestação.

Na Figura 6.5, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da sub-rede que modela o controle de uma SE para fins de recomposição automática de SE. O sub-bloco dentro do bloco "*Controle de SE*" representa uma *página*, associada ao automatismo de recomposição de SE, do modelo de controle de SE em RPCHs, explicado anteriormente.

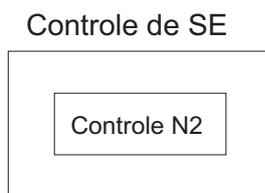


Figura 6.5: Diagrama em Blocos da Representação da Sub-Rede que Modela o Controle de uma Subestação.

Após a modelagem das sub-redes imprescindíveis para a formulação e resolução do problema de automatizar o plano de recomposição de SE em RPCHs, explicadas anteriormente, foram integrados estes modelos de sub-redes por SE e por vão.

Na Figura 6.6, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da rede que modela uma SE para fins de recomposição automática de SE. Cada sub-bloco dentro do bloco "*SE*" representa as sub-redes - Estado de SE e Controle de SE, em RPCHs, explicadas anteriormente - que compõem o bloco "*SE*".

Na Figura 6.7, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da rede que modela o vão 5A para fins de recomposição automática de SE. Cada sub-bloco dentro do bloco "*Vão 5A*" representa as sub-redes - Disjuntor de Potência e Chave Seccionadora, em RPCHs, explicadas anteriormente - a partir das quais foi composto o bloco "*Vão 5A*".

Na Figura 6.8, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da rede que modela o vão 5C para fins de recomposição automática de SE. Cada sub-bloco



Figura 6.6: Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela uma Subestação.

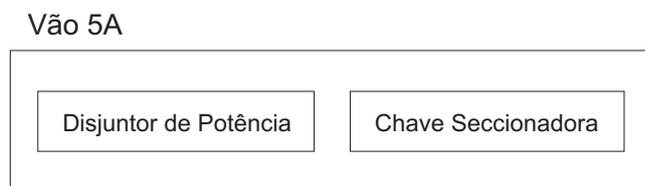


Figura 6.7: Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela o Vão 5A.

dentro do bloco "*Vão 5C*" representa as sub-redes - Disjuntor de Potência e CDC, em RPCHs, explicadas anteriormente - a partir das quais foi composto o bloco "*Vão 5C*".

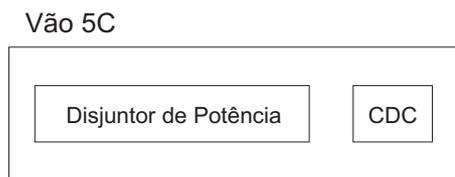


Figura 6.8: Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela o Vão 5C.

Na Figura 6.9, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da rede que modela o vão 5B para fins de recomposição automática de SE. Cada sub-bloco dentro do bloco "*Vão 5B*" representa as sub-redes - Disjuntor de Potência e Chave Seccionadora, em RPCHs, explicadas anteriormente - a partir das quais foi composto o bloco "*Vão 5B*".

Na Figura 6.10, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da rede que modela o vão BT de 230 kV para fins de recomposição automática de SE. O sub-bloco dentro do bloco "*Vão BT de 230 kV*" representa a página "*Abertura*", associada ao automatismo de recomposição de SE, da sub-rede do modelo de disjuntor de potência, em RPCHs, explicada anteriormente.

Na Figura 6.11, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da rede que modela o vão 4B para fins de recomposição automática de SE. O sub-bloco dentro do bloco "*Vão 4B*" representa a sub-rede - Disjuntor de Potência, em RPCHs, explicada anteriormente - a partir da qual foi composto o bloco "*Vão 4B*".

Na Figura 6.12, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da rede que modela o vão 4D para fins de recomposição automática de SE. O sub-bloco

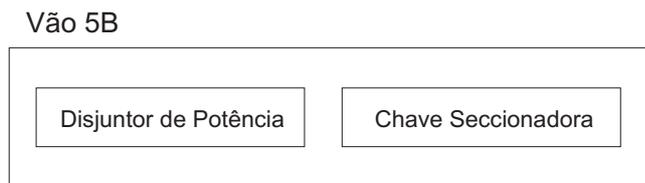


Figura 6.9: Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela o Vão 5B.

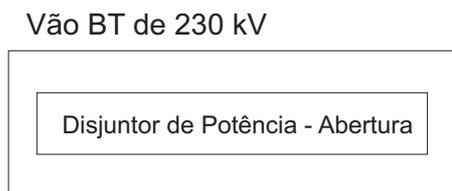


Figura 6.10: Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela o Vão BT de 230 kV.

dentro do bloco "*Vão 4D*" representa a sub-rede - Disjuntor de Potência, em RPCHs, explicada anteriormente - a partir da qual foi composto o bloco "*Vão 4D*".

Após a modelagem das redes para a formulação do problema de automatizar o plano de recomposição de SE em RPCHs, explicadas anteriormente - por SE ou por vão - foram integrados estes modelos de redes, através de modelagem em RPCHs - *lugares de fusão* e *transições de substituição* - para resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, de acordo com os procedimentos operacionais, apresentados e analisados no Capítulo 4.

Na Figura 6.13, pode-se observar o diagrama em blocos detalhado da integração dos modelos de redes, através de modelagem em RPCHs, para resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE. Cada sub-bloco dentro do bloco "*Recomposição Automática de Subestação*" representa as páginas, explicadas anteriormente, integradas, através de modelagem em RPCHs, para resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, de acordo com os procedimentos operacionais, apresentados e analisados no Capítulo 4.

Note que:

- As setas brancas indicam o caminho "*principal*" do plano de recomposição;
- As setas pretas indicam os caminhos "*alternativos*" do plano de recomposição.

Com o objetivo de se ter uma representação simplificada da Figura 6.13, é apresentada a Figura 6.14. A Figura 6.14 é semelhante à Figura 6.13.

Na Tabela 6.1, é apresentada a equivalência entre os sub-blocos da Figura 6.14 e os sub-blocos da Figura 6.13.

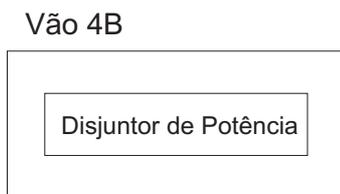


Figura 6.11: Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela o Vão 4B.

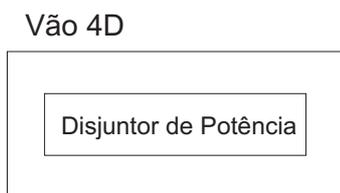


Figura 6.12: Diagrama em Blocos da Representação da Rede que Modela o Vão 4D.

Na Figura 6.14, pode-se observar o diagrama em blocos simplificado da integração dos modelos de redes, através de modelagem em RPCHs, para resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE. Cada sub-bloco dentro do bloco "*Recomposição Automática de Subestação*" representa as redes integradas por SE - SE - ou por vão - Vão 5A, Vão 5C, Vão 5B, Vão BT de 230 kV, Vão 4B e Vão 4D - em RPCHs, explicadas anteriormente, a partir das quais foi composto o bloco "*Recomposição Automática de Subestação*".

Têm-se, desta forma, na Figura 6.14, a formulação e a resolução, através de diagramas em blocos, do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE com a modelagem em RPCHs.

6.2 Duas Subestações

Considerando-se uma situação hipotética de se ter duas subestações semelhantes à SE Sobral III, considerada como exemplo, na solução proposta, neste trabalho, e se quisesse realizar a recomposição automática destas duas SEs fictícias, ter-se-ia a seguinte solução, representada, através de diagrama em blocos simplificado, na Figura 6.15, da formulação e da resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição destas SEs, em RPCHs, de acordo com o normativo operacional que estabeleceria os passos que o automatismo deveria seguir. Os sub-blocos "*SE Sobral III 1*" e "*SE Sobral III 2*" dentro do bloco "*Recomposição Automática de Subestações*" representam as SEs com suas respectivas redes integradas por SE ou por vão em RPCHs, explicadas anteriormente, a partir das quais foram compostos os sub-blocos "*SE Sobral III 1*" e "*SE Sobral III 2*".

6.3 "N" Subestações

Logo, considerando-se uma situação hipotética de se ter "N" subestações semelhantes à SE Sobral III, e se quisesse realizar a recomposição automática destas "N" SEs fictícias, ter-se-ia a seguinte solução, representada, através de diagrama em blocos simplificado, na Figura 6.16, da formulação e da resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição destas SEs, em RPCHs, de acordo com o normativo operacional que estabeleceria os passos que o automatismo deveria seguir. Os sub-blocos "*SE Sobral III 1*", "*SE Sobral III 2*" e "*SE Sobral III N*" dentro do bloco "*Recomposição Automática de Subestações*" representam as SEs com suas respectivas redes integradas por SE ou por vão em RPCHs, explicadas anteriormente, a partir das quais foram compostos os sub-blocos "*SE Sobral III 1*", "*SE Sobral III 2*" e "*SE Sobral III N*".

Tem-se, desta forma, uma generalização da solução proposta neste trabalho, para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE - através de modelagem em RPCHs - para "N" SEs Sobral III. Observe que, caso haja outras subestações com configurações diferentes à da SE Sobral III, os mesmos conceitos de modelagens apresentados e utilizados, neste trabalho, podem ser aplicados. Isto permite o entendimento da generalização da solução proposta para "N" SEs.

Após a apresentação da generalização da solução proposta neste trabalho, para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE - através de modelagem em RPCHs - para "N" SEs, o próximo passo é mostrar a generalização da solução proposta neste trabalho, para outras plantas, além de SEs. Para tal, é mostrado - de modo geral - o algoritmo utilizado para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE - através de modelagem em RPCHs - explicando, inclusive, a metodologia e a escalabilidade gerais da solução proposta neste trabalho.

6.4 Outras Plantas

A solução proposta, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de SE - em RPCHs - é desenvolvida, de acordo com a metodologia geral a seguir.

1. Análise do normativo operacional que estabelece a sequência de manobras que devem ser realizadas, quando da necessidade de recompor a planta;
2. Estruturação dos modelos em "*módulos*" menos complexos - sub-redes - que são utilizados na composição de modelos mais complexos - redes - de modo estruturado e escalável;
3. Desenvolvimento das sub-redes que compõem o modelo global da solução proposta;

4. Estruturação dos modelos em "*módulos*" mais complexos - redes - a partir dos modelos em "*módulos*" menos complexos - sub-redes - que são utilizados na composição, de modo estruturado e escalável, do modelo global;
5. Integração das sub-redes, de modo estruturado e escalável, em redes;
6. Integração das redes, de modo estruturado e escalável, para composição do modelo global.

O passo 3, descrito anteriormente, é desenvolvido para cada sub-rede, de acordo com a metodologia geral a seguir.

- Identificação das sub-redes que comporão o modelo global, em RPCHs, para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição da planta;
- Desenvolvimento das sub-redes, em RPCHs, conforme descrito no Capítulo 4, através dos modelos básicos.

O passo 5, descrito anteriormente, é desenvolvido para cada rede, de acordo com a metodologia geral a seguir.

- A partir das sub-redes e considerando-se o normativo operacional, as redes são integradas, de modo estruturado e escalável, em RPCHs.

O passo 6, descrito anteriormente, é desenvolvido para o modelo global, de acordo com a metodologia geral a seguir.

- A partir das redes e considerando-se o normativo operacional, o modelo global é integrado, de modo estruturado e escalável, em RPCHs.

Estas metodologias e escalabilidades gerais podem ser utilizadas para a recomposição de outras plantas, além de SEs.

Na Figura 6.17, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da estruturação do modelo global para fins de recomposição automática de uma planta. O sub-bloco dentro do bloco "*Modelo Global*" representa as redes compostas, a partir das sub-redes dos modelos, em RPCHs. O sub-bloco dentro do bloco "*Redes*" representa as sub-redes.

Tem-se, através das explicações de metodologia e escalabilidade gerais, a generalização da solução proposta neste trabalho - para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através de modelagem em RPCHs - para outras plantas, além de SEs.

6.5 Os Efeitos

Desta forma, tem-se a generalização da solução proposta neste trabalho - através da formulação e da resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE em RPCHs - para " N " SEs e para outras plantas, além de SEs.

No próximo capítulo, inicialmente, é apresentada uma descrição dos requisitos da solução proposta neste trabalho. Em seguida, é mostrada uma sugestão de integração da solução proposta, não só com o sistema de MPCCSR de uma SE, mas também com as generalizações da solução proposta neste trabalho, ou seja, para diversas SEs e para uma outra planta, além de SEs.

Recomposição Automática de Subestação



Figura 6.13: Diagrama em Blocos Detalhado da Integração dos Modelos de Redes.

Recomposição Automática de Subestação

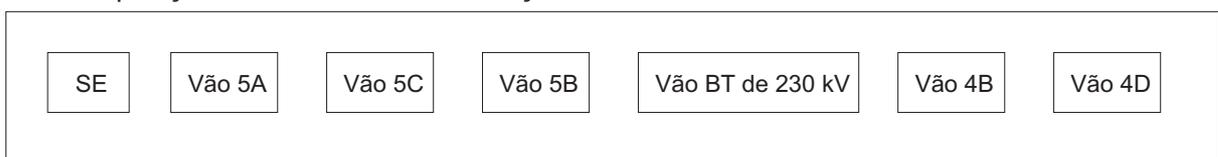


Figura 6.14: Diagrama em Blocos Simplificado da Integração dos Modelos de Redes.

Sub-Bloco da Figura 6.14	Sub-Blocos da Figura 6.13
SE	SE - Estado de SE - SE Desenergizada e SE - Controle de SE - Controle N2
Vão 5A	Vão 5A - Disjuntores de Potência - "Reset"86l, Vão 5A - Chaves Seccionadoras - Fechamento, Vão 5A - Disjuntores de Potência - Abertura e Vão 5A - Disjuntores de Potência - Fechamento
Vão 5C	Vão 5C - Disjuntores de Potência - "Reset"86l, Vão 5C - CDC - "Reset"86l, Vão 5C - Disjuntores de Potência - Abertura, Vão 5C - CDC - Seleção Comando Manual, Vão 5C - CDC - Comando Diminuir, Vão 5C - Disjuntores de Potência - Fechamento e Vão 5C - CDC - Seleção Comando Automático
Vão 5B	Vão 5B - Disjuntores de Potência - "Reset"86l, Vão 5B - Chaves Seccionadoras - Fechamento, Vão 5B - Disjuntores de Potência - Abertura e Vão 5B - Disjuntores de Potência - Fechamento
Vão BT de 230 kV	Vão BT de 230 kV - Disjuntor de Potência - Abertura
Vão 4B	Vão 4B - Disjuntor de Potência - "Reset"86l, Vão 4B - Disjuntor de Potência - Abertura e Vão 4B - Disjuntor de Potência - Fechamento
Vão 4D	Vão 4D - Disjuntor de Potência - "Reset"86l, Vão 4D - Disjuntor de Potência - Abertura e Vão 4D - Disjuntor de Potência - Fechamento

Tabela 6.1: Equivalência entre a Figura 6.14 e a Figura 6.13.

Recomposição Automática de Subestações

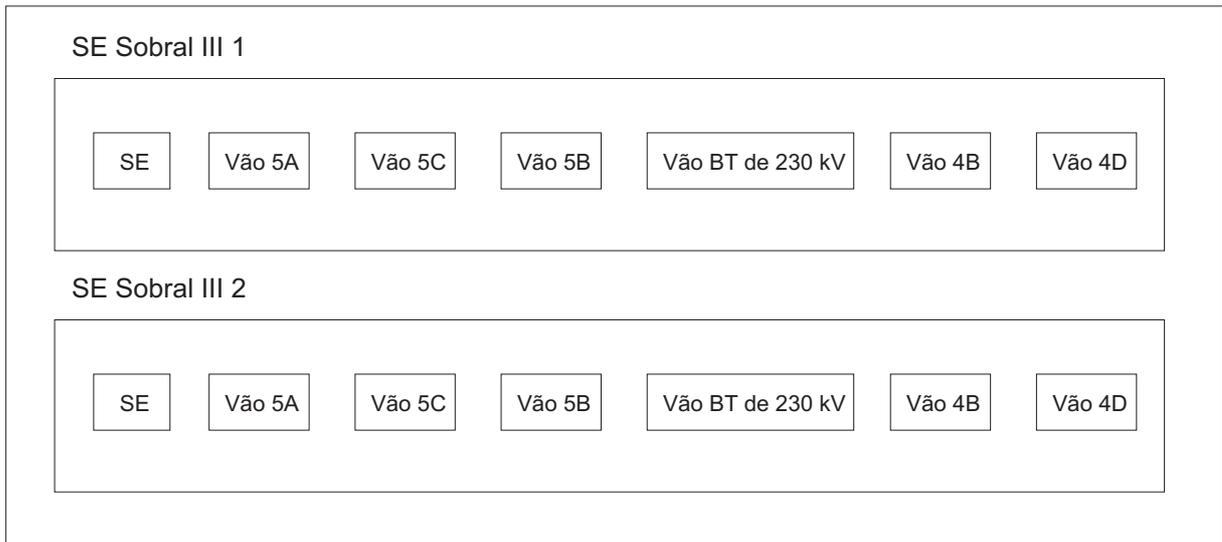


Figura 6.15: Diagrama em Blocos Simplificado da Solução para Duas SEs Sobral III Fictícias.

Recomposição Automática de Subestações

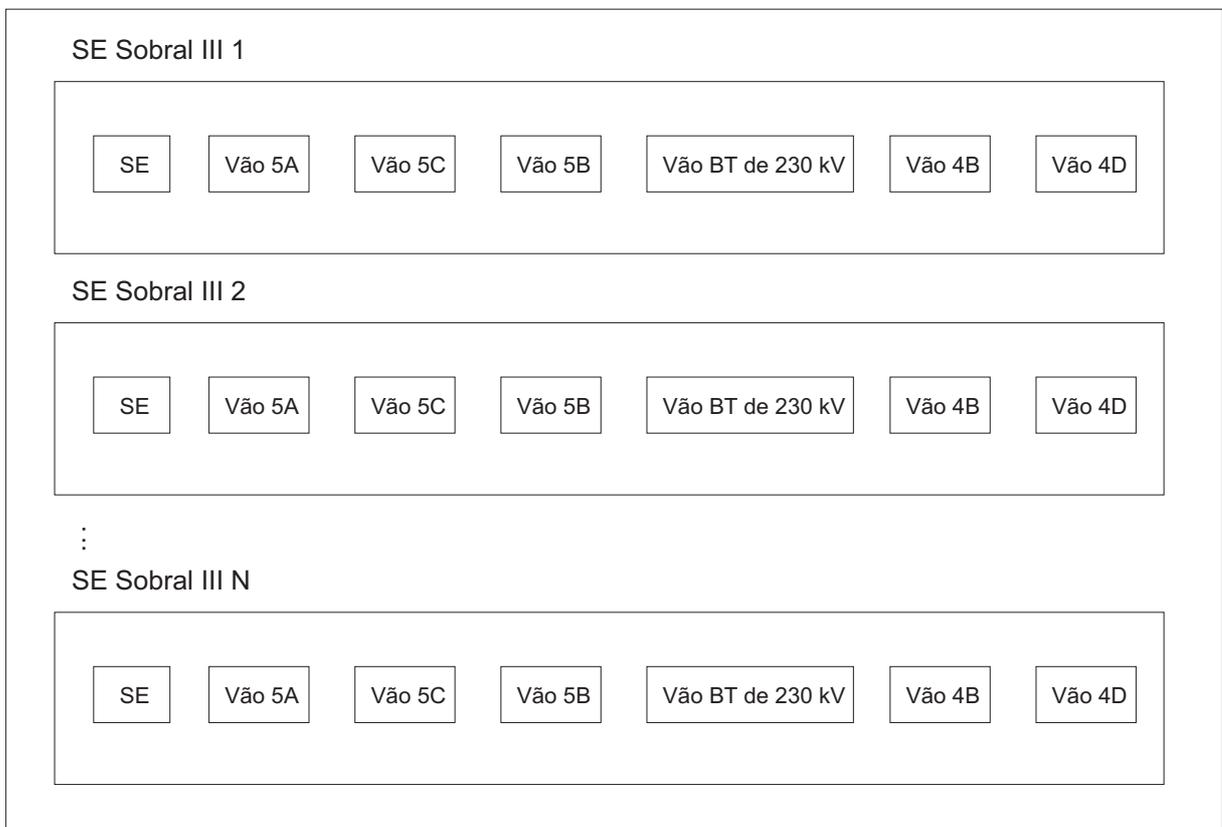


Figura 6.16: Diagrama em Blocos Simplificado da Solução para "N" SEs Sobral III Fictícias.

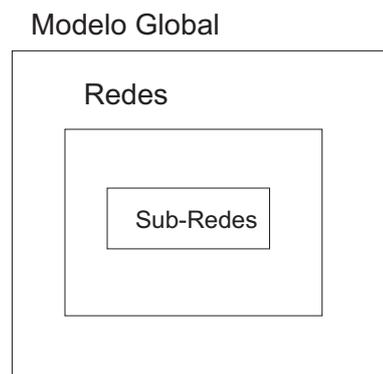


Figura 6.17: Diagrama em Blocos da Representação da Estruturação do Modelo Global de uma Planta.

Capítulo 7

Sugestão de Integração

Com o objetivo de entender os requisitos da solução proposta, uma descrição destes é apresentada.

Em seguida, com o objetivo de sugerir uma forma de integrar a solução proposta, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de SE - em RPCHs - com o sistema de MPCCSR de uma SE, é mostrada, inicialmente, uma sugestão de integração da solução proposta neste contexto. São também mostradas sugestões de integrações das generalizações da solução proposta neste trabalho, ou seja, para "*N*" SEs e para uma outra planta, além de SEs.

7.1 Descrição dos Requisitos

Com o objetivo de descrever os requisitos da solução proposta, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de SE, é apresentada esta solução, através do Diagramas de Casos de Uso em Unified Modeling Language (UML ¹).

Inicialmente, é apresentada a notação utilizada na definição dos Diagramas de Casos de Uso, necessária para o entendimento dos requisitos da solução proposta.

Em seguida, são descritos os atores e módulo do sistema que interagem na solução proposta e apresentados os requisitos desta solução, utilizando a notação da linguagem UML para a definição de Diagramas de Casos de Uso.

7.1.1 A Linguagem

UML é uma linguagem utilizada para modelar a estrutura, comportamento e arquitetura de aplicações, como também processos de negócio e estrutura de dados. A especificação

¹Mais informações sobre UML podem ser obtidas na página <http://www.uml.org/>

desta linguagem define uma linguagem gráfica para a visualização, especificação, construção e documentação de artefatos de sistemas de software.

A modelagem de sistemas - utilizando UML - é realizada através da criação de diagramas. UML define 13 tipos de diagramas que são utilizados para representar a estrutura estática de aplicações, comportamento e aspectos de interação. Um desses diagramas - Diagrama de Casos de Uso - é utilizado para especificar os requisitos do sistema, documentando suas funcionalidades. Com base neste diagrama, os requisitos apresentados neste trabalho são especificados.

Os Elementos de um Diagrama de Casos de Uso

Os elementos de um Diagrama de Casos de Uso - utilizados neste trabalho - são descritos a seguir.

- Casos de uso → descrevem uma seqüência de ações que provêem algo de valor mensurável para um ator; são representados através de elipses horizontais. Na Figura 7.1, é ilustrado um caso de uso que representa as ações relacionadas ao início da recomposição automática de uma SE;

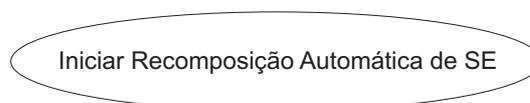
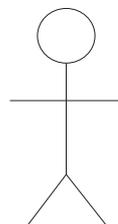


Figura 7.1: Exemplo de Caso de Uso.

- Atores → uma pessoa, organização ou sistema externo que desempenha um papel em uma ou mais interações com o sistema. Na Figura 7.2, é ilustrado um ator que representa o operador de uma SE;



Operador

Figura 7.2: Exemplo de Ator.

- Associações → uma associação existe sempre que um ator está envolvido com uma interação descrita por um caso de uso; associações são indicadas através de linhas sólidas direcionadas; associações *ator rightarrow caso de uso* indicam que o ator

iniciou a seqüência de ações representadas pelo caso de uso; associações *caso de uso* → *ator* indicam que o ator recebeu uma notificação de alguma ação representada pelo caso de uso. Na Figura 7.3, é ilustrada uma associação existente entre um operador e o caso de uso de início da recomposição automática de uma SE;



Figura 7.3: Exemplo de Associação.

- Diagramas → são construções UML que permitem organizar elementos do modelo (casos de uso) em grupos. Na Figura 7.4, é ilustrado um diagrama que agrupa o caso de uso relacionado ao início da recomposição automática de uma SE.

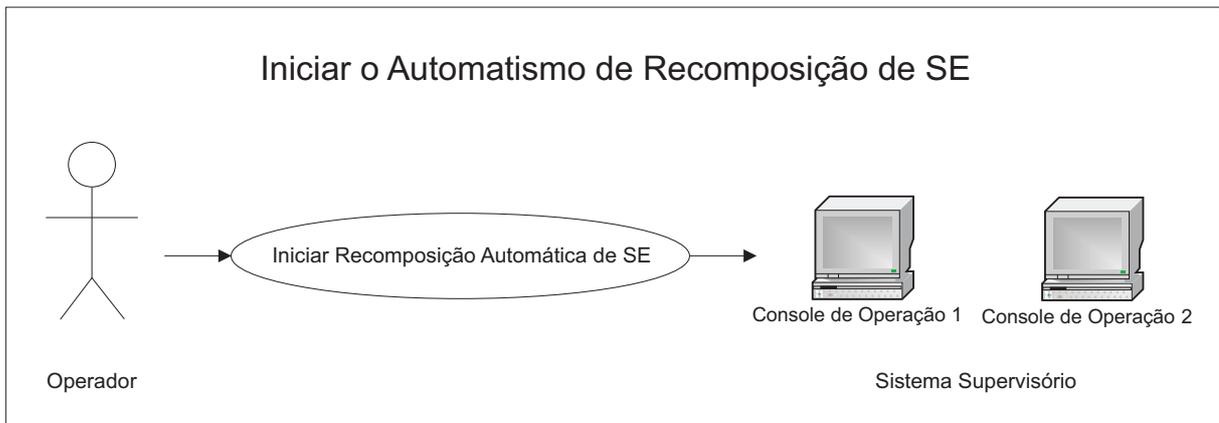


Figura 7.4: Exemplo de Diagrama de Caso de Uso.

O modelo utilizado para especificar cada caso de uso descrito neste trabalho é apresentado a seguir.

Caso de Uso: *nome do caso de uso.*

Ator(es): *nome dos atores associados ao caso de uso.*

Descrição: *descrição do caso de uso.*

Seqüência de Eventos: *esta tabela descreve a seqüência de eventos relacionada ao caso de uso. Na primeira coluna, são apresentadas as ações efetuadas pelo ator. Na segunda*

coluna, são apresentadas as respostas do sistema. A numeração dos eventos indica a seqüência em que as ações/respostas foram efetuadas.

Ação do Ator	Resposta do Sistema
1. Descrição da Ação 1.	
	2. Descrição da Resposta 2.
	3. Descrição da Resposta 3.
4. Descrição da Ação 4.	

Tabela 7.1: Exemplo de Seqüência de Eventos.

7.1.2 Os Autores e os Requisitos

As nomenclaturas utilizadas para atores e módulo do sistema são descritas a seguir.

- Operador → pessoa responsável por iniciar a recomposição automática de SE e visualizar o automatismo de recomposição de SE, através do sistema supervisorio;
- Sistema Supervisorio → sistema que executa em duas máquinas servidoras e é utilizado pelo Operador. Do ponto de vista do Operador, trata-se de um software independente;
- Subestação → sistema que representa a planta a ser controlada e interage - através de envio de eventos e grandezas analógicas para o sistema supervisorio e de recebimento de comandos do sistema supervisorio - com o Módulo de Automatismo de Recomposição de SE;
- Módulo de Automatismo de Recomposição de SE → módulo da arquitetura do sistema que executa no Sistema Supervisorio e é utilizado pelo Operador. Do ponto de vista do Operador, é um software independente.

O automatismo de recomposição de SE possui quatro casos de uso. Com o objetivo de tornar o entendimento dos requisitos didático, estes casos de uso são apresentados em diagramas distintos a seguir, de acordo com a relação existente entre eles. Em cada caso de uso, é ilustrado o diagrama do referido caso de uso. Cada caso de uso é descrito, de acordo com o modelo apresentando anteriormente. Os quatro casos de uso são descritos a seguir.

Caso de Uso: Iniciar Recomposição Automática de Subestação

Na Figura 7.5, tem-se o diagrama do caso de uso "Iniciar Recomposição Automática de Subestação" do modelo apresentando anteriormente.

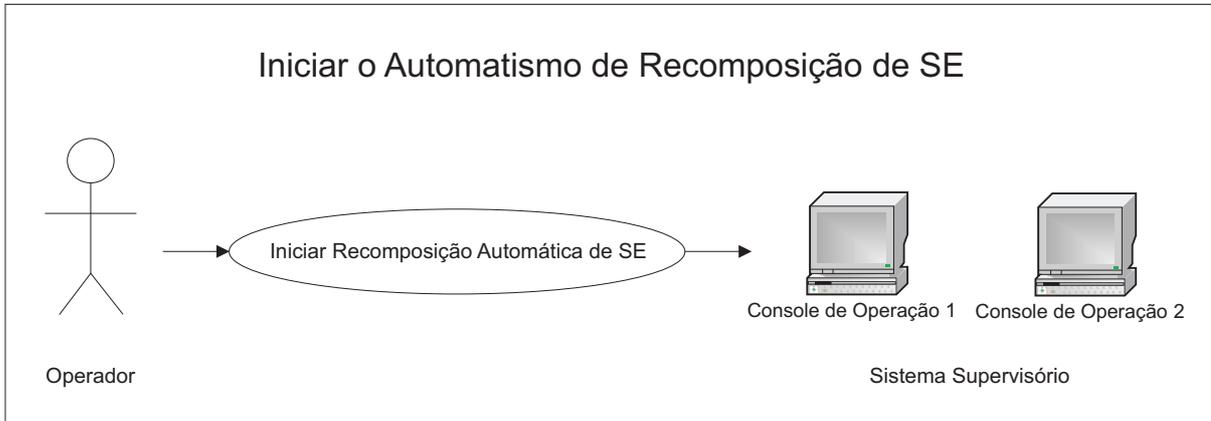


Figura 7.5: Diagrama do Caso de Uso "Iniciar Recomposição Automática de Subestação".

Na Tabela 7.2, são apresentadas as descrições do caso de uso "Iniciar Recomposição Automática de Subestação".

Caso de Uso: Iniciar Recomposição Automática de SE.

Atores(es): Operador e Sistema Supervisório.

Descrição: O Operador solicita ao Sistema Supervisório que a recomposição automática de SE seja iniciada. O Módulo de Automatismo de Recomposição de SE inicia a recomposição. O Sistema Supervisório inicia a recomposição automática de SE.

Ação do Ator	Resposta do Sistema
1. O Operador solicita ao Sistema Supervisório que a recomposição automática de SE seja iniciada.	
	2. O Módulo de Automatismo de Recomposição de SE inicia a recomposição.
3. O Sistema Supervisório inicia a recomposição automática de SE.	

Tabela 7.2: Seqüência de Eventos do Caso de Uso "Iniciar Recomposição Automática de Subestação".

Caso de Uso: Recompôr Subestação

Na Figura 7.6, tem-se o diagrama do caso de uso "Recompôr SE" do modelo apresentando anteriormente.

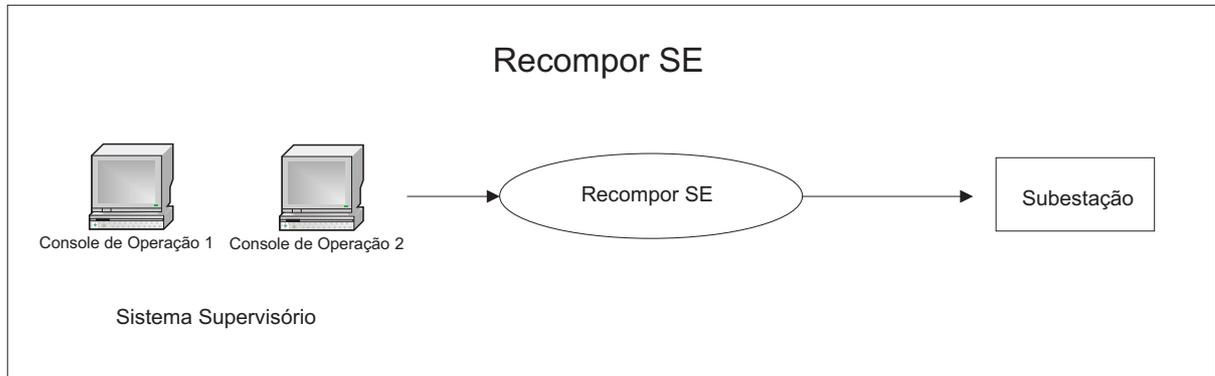


Figura 7.6: Diagrama do Caso de Uso "Recompôr Subestação".

Na Tabela 7.3, são apresentadas as descrições do caso de uso "Recompôr SE".

Caso de Uso: Recompôr SE.

Ator(es): Sistema Supervisório e Subestação.

Descrição: O Sistema Supervisório realiza a recomposição automática da SE. A Subestação realiza as ações, visando a sua recomposição automática.

Ação do Ator	Resposta do Sistema
1. O Sistema Supervisório realiza a recomposição automática da SE.	
2. A Subestação realiza as ações, visando a sua recomposição automática.	

Tabela 7.3: Seqüência de Eventos do Caso de Uso "Recompôr Subestação".

Caso de Uso: Enviar Eventos e Grandezas Analógicas

Na Figura 7.7, tem-se o diagrama do caso de uso "Enviar Eventos e Grandezas Analógicas" do modelo apresentando anteriormente.

Na Tabela 7.4, são apresentadas as descrições do caso de uso "Enviar Eventos e Grandezas Analógicas".

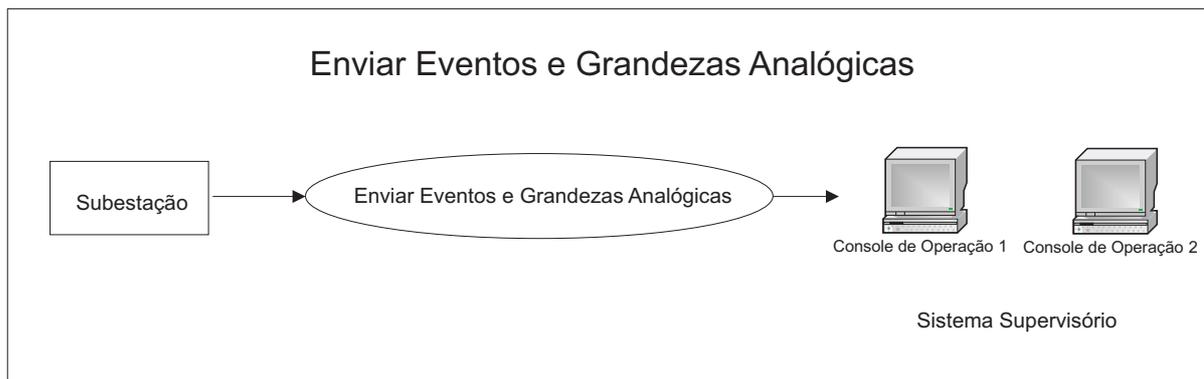


Figura 7.7: Diagrama do Caso de Uso "Enviar Eventos e Grandezas Analógicas".

Caso de Uso: Enviar Eventos e Grandezas Analógicas.

Ator(es): Subestação e Sistema Supervisório.

Descrição: A Subestação envia os eventos e grandezas analógicas para o Sistema Supervisório. O Módulo de Automatismo de Recomposição de SE formula e analisa as informações da SE e realiza a recomposição. O Sistema Supervisório exibe os eventos e grandezas analógicas da SE.

Ação do Ator	Resposta do Sistema
1. A Subestação envia os eventos e grandezas analógicas para o Sistema Supervisório.	
	2. O Módulo de Automatismo de Recomposição de SE formula e analisa as informações da SE e realiza a recomposição.
3. O Sistema Supervisório exibe os eventos e grandezas analógicas da SE.	

Tabela 7.4: Seqüência de Eventos do Caso de Uso "Enviar Eventos e Grandezas Analógicas".

Caso de Uso: Visualizar o Automatismo de Recomposição de Subestação

Na Figura 7.8, tem-se o diagrama do caso de uso "Visualizar o Automatismo de Recomposição de SE" do modelo apresentando anteriormente.

Na Tabela 7.5, são apresentadas as descrições do caso de uso "Visualizar o Automatismo de Recomposição de Subestação".

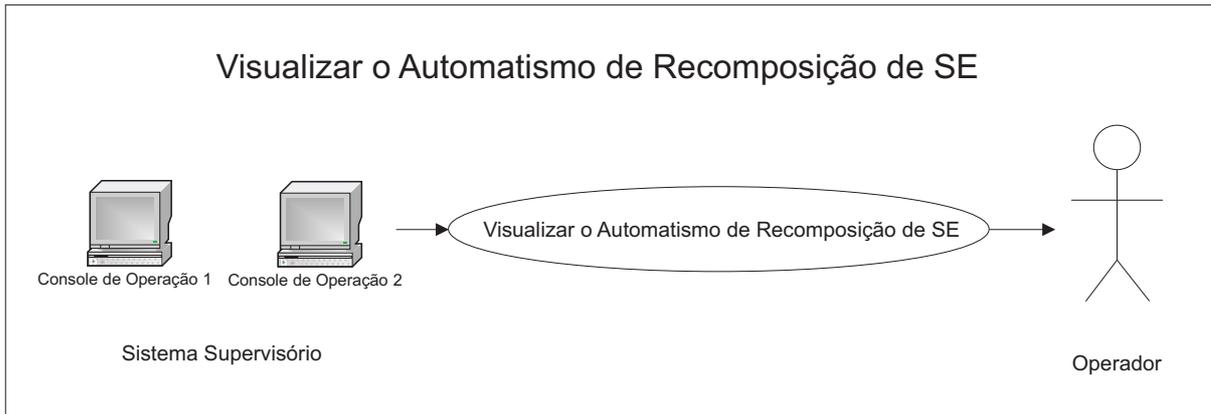


Figura 7.8: Diagrama do Caso de Uso "Visualizar o Automatismo de Recomposição de Subestação".

Caso de Uso: Visualizar o Automatismo de Recomposição de SE.

Ator(es): Sistema Supervisório e Operador.

Descrição: O Sistema Supervisório exibe os eventos e grandezas analógicas da SE. O Operador visualiza o automatismo de recomposição de SE.

Ação do Ator	Resposta do Sistema
1. O Sistema Supervisório exibe os eventos e grandezas analógicas da SE.	
2. O Operador visualiza o automatismo de recomposição de SE.	

Tabela 7.5: Seqüência de Eventos do Caso de Uso "Visualizar o Automatismo de Recomposição de Subestação".

Após a apresentação da descrição dos requisitos da solução proposta, uma sugestão de integração da solução proposta, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de SE - em RPCHs - com o sistema de MPCCSR de uma SE, é mostrada. São também mostradas sugestões de integrações das generalizações da solução proposta neste trabalho, ou seja, para "N" SEs e para uma outra planta, além de SEs.

7.2 Uma Subestação

Na Figura 7.9, tem-se o diagrama em blocos da sugestão de integração da solução proposta, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de SE - em RPCHs - com o sistema de MPCCSR de uma SE.

Sugestão de Integração da Solução Proposta para uma Subestação

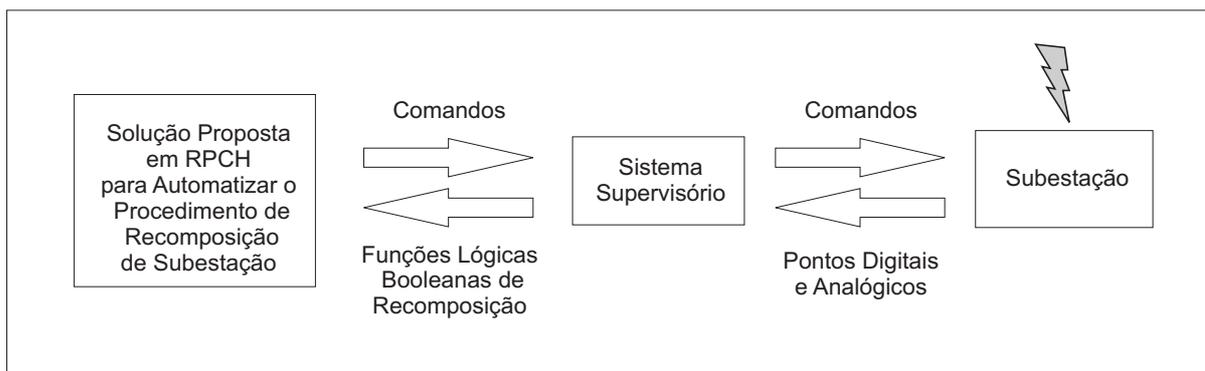


Figura 7.9: Diagrama em Blocos da Sugestão de Integração com o Sistema de MPCCSR de uma Subestação.

Note que:

- A solução proposta - em RPCHs - para automatizar o procedimento de recomposição de SE, recebe e envia informações para o sistema supervisor, visando à recomposição automática de SE;
- O sistema supervisor recebe e envia informações para a SE.

Tem-se, através da sugestão de integração da solução proposta neste trabalho - para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através de modelagem em RPCHs - uma forma de integrar esta solução com o sistema de MPCCSR de uma SE.

7.3 "N" Subestações

Na Figura 7.10, tem-se o diagrama em blocos da sugestão de integração da solução proposta, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de SEs - em RPCHs - com o sistema de MPCCSR de "N" SEs.

Observe que:

- A solução proposta - em RPCHs - para automatizar o procedimento de recomposição de SEs, recebe e envia informações para o sistema supervisor, visando à recomposição automática das SEs;
- O sistema supervisor recebe e envia informações para as SEs.

Tem-se, através da sugestão de integração da solução proposta neste trabalho - para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SEs,

Sugestão de Integração da Solução Proposta para "N" Subestações

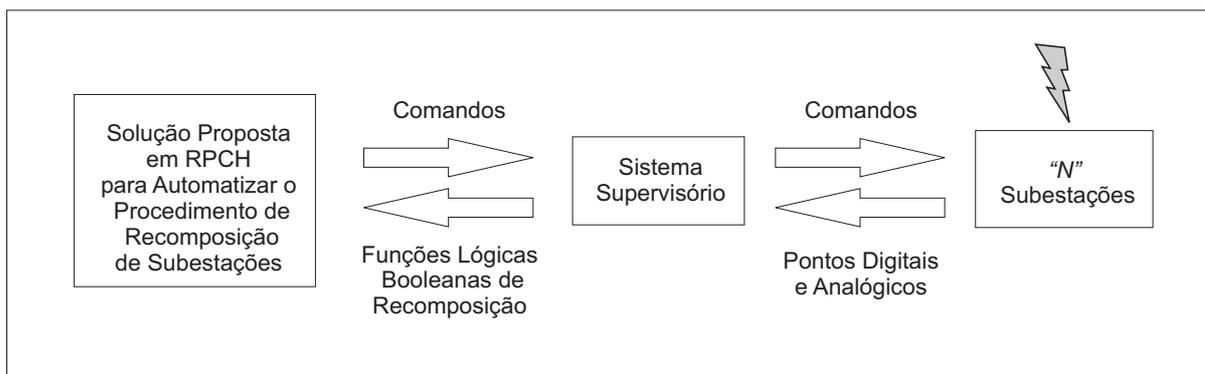


Figura 7.10: Diagrama em Blocos da Sugestão de Integração com o Sistema de MPCCSR de "N" Subestações.

através de modelagem em RPCHs - uma forma de integrar esta solução com o sistema de MPCCSR de "N" SEs.

7.4 Uma Planta

Na Figura 7.11, tem-se o diagrama em blocos da sugestão de integração da solução proposta, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de uma planta - em RPCHs - com o sistema da planta.

Sugestão de Integração da Solução Proposta para uma Planta

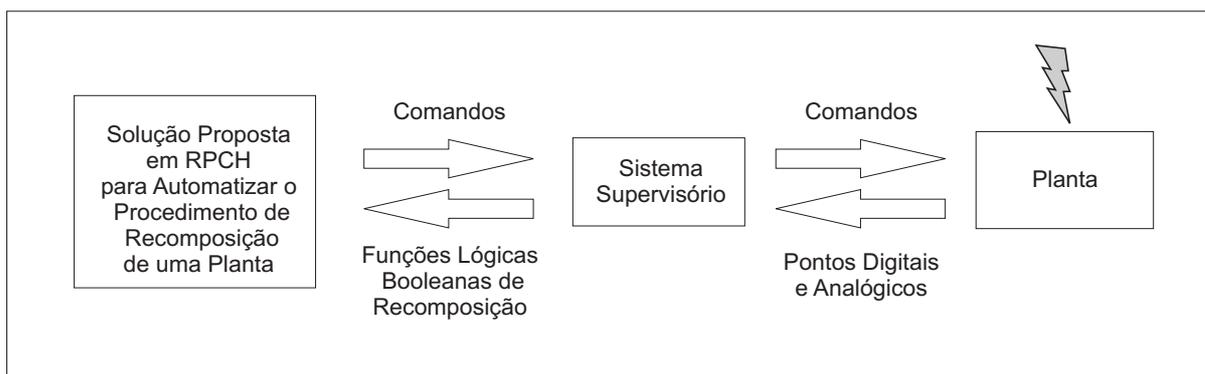


Figura 7.11: Diagrama em Blocos da Sugestão de Integração com o Sistema de uma Planta.

Note que:

- A solução proposta - em RPCHs - para automatizar o procedimento de recomposição de uma planta, recebe e envia informações para o sistema supervisorio, visando à recomposição automática da planta;

- O sistema supervisor recebe e envia informações para a planta.

Tem-se, através da sugestão de integração da solução proposta neste trabalho - para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de uma planta, através de modelagem em RPCHs - uma forma de integrar esta solução com o sistema da planta.

7.5 As Conseqüências

Desta forma, têm-se a descrição dos requisitos e uma sugestão de integração da solução proposta, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de SE - em RPCHs - com o sistema de MPCCSR de uma SE. Tem-se também uma sugestão de integração para as generalizações da solução proposta neste trabalho, ou seja, para " N " SEs e para uma outra planta, além de SEs.

No próximo capítulo, são apresentadas a transformação da interpretação dos procedimentos de recomposição em sub-redes, em RPCs, que são utilizadas - de modo estruturado e escalável - na composição das redes em RPCHs, e a composição das sub-redes em redes, em RPCHs, para formular e resolver o problema de recomposição de subestações.

Capítulo 8

Modelos para Recomposição

Inicialmente, é importante a compreensão do problema e das proposições deste trabalho.

8.1 As Proposições do Trabalho Detalhadas

Na Figura 8.1, tem-se o diagrama em blocos das proposições deste trabalho.

As Proposições do Trabalho

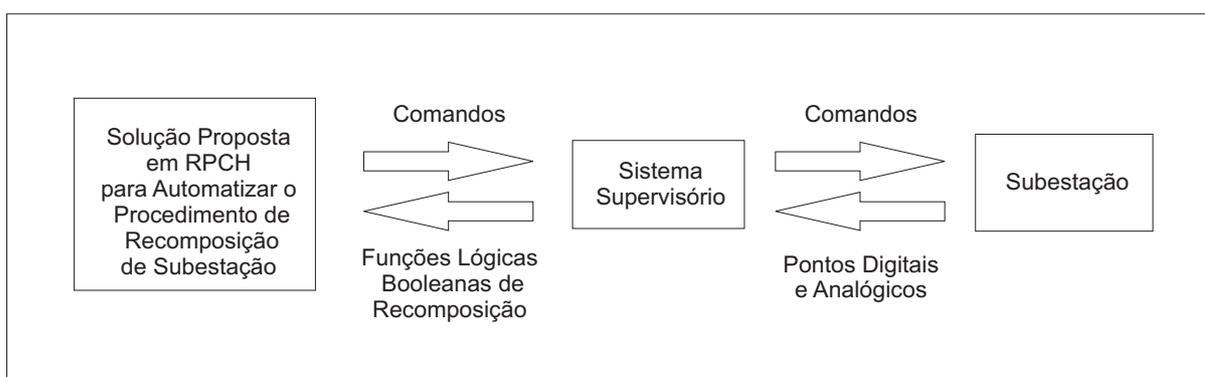


Figura 8.1: Diagrama em Blocos das Proposições do Trabalho.

Note que:

- A solução proposta interage com o sistema supervisorio, recebendo informações sobre a subestação, através das funções lógicas booleanas de recomposição, e enviando comandos para a subestação, visando à recomposição automática de SE;
- O sistema supervisorio recebe informações sobre a subestação, através da supervisão dos eventos e grandezas analógicas, e envia comandos para a subestação.

Após a compreensão do problema e das proposições deste trabalho, é necessário o entendimento de como a sincronização das informações entre a solução proposta e o sistema supervisorio ocorre.

8.2 A Sincronização com o Sistema Supervisório

O sistema proposto, neste trabalho, tem apenas uma transição habilitada por vez. Quando as transições habilitadas - associadas às aquisições de informações do sistema supervisório - disparam, a solução proposta obtém informações do sistema supervisório, visando à tomada de decisões para a realização da recomposição de SE. Cada aquisição de informação do sistema supervisório ocorre de acordo com a habilitação da respectiva transição associada e individualmente.

A sincronização das transições - associadas às aquisições de informações do sistema supervisório - da solução proposta individualmente tem com principal objetivo garantir que as informações a serem processadas pelo sistema proposto estão atualizadas e, desta forma, garantem a segurança, a confiabilidade e a eficiência desta solução.

Um dos requisitos considerados para o funcionamento das proposições deste trabalho é que a comunicação entre a solução proposta e o sistema supervisório esteja válida. Caso haja falha, por qualquer razão, nesta comunicação, por critérios de segurança e confiabilidade, a solução proposta é bloqueada.

Após o entendimento de como a sincronização das informações entre a solução proposta e o sistema supervisório ocorre, são importantes as modelagens de alguns elementos básicos - sub-redes - imprescindíveis para a formulação e resolução do problema de automatizar o plano de recomposição de SE, através de RPCHs.

Após a análise dos procedimentos operacionais, já apresentados no Capítulo 4, que orientam as manobras para a recomposição de SE, são necessárias, inicialmente, as modelagens de alguns elementos básicos - sub-redes - e.g., disjuntor, chave seccionadora, cdc, estado da SE e controle da SE. Para tal, as relações entre o normativo operacional, as modelagens e as páginas para a formulação e resolução do problema de automatizar o plano de recomposição de SE, através de RPCHs, são apresentadas a seguir.

8.3 Relações entre o Normativo Operacional, Modelagens e as Páginas

As relações entre as etapas de 1 a 17 do normativo operacional, apresentadas no Capítulo 4 - que estabelecem as condições que devem ser avaliadas ou avaliadas e manobradas, quando da necessidade de recompor a SE - as modelagens necessárias para a realização deste normativo e as respectivas *páginas* que compõem o modelo da solução proposta - em RPCHs - neste trabalho, para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, são apresentadas a seguir.

- Etapa 1 → Modelagem do "*estado da SE*" → *Página se_estado*;

- Etapa 2 → Modelagem do "*controle da SE*" → *Página se_controle*;
- Etapa 3 → Modelagem dos comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio na seguinte ordem: Vão 5A - Disjuntores - 86l, Vão 5B - Disjuntores - 86l, Vão 5C - Disjuntores - 86l, Vão 4B - Disjuntor - 86l, Vão 4D - Disjuntor - 86l, Vão 5C - CDC - 86c → *Páginas vao5a_disjuntores_86l_reset, vao5b_disjuntores_86l_reset, vao5c_disjuntores_86l_reset, vao4b_disjuntor_86l_reset, vao4d_disjuntor_86l_reset e vao5c_cdc_86c_reset* respectivamente;
- Etapa 4 → Modelagem dos comandos de fechar as chaves seccionadoras associadas aos reatores na seguinte ordem: Vão 5A - Reatores - Chaves Seccionadoras, Vão 5B - Reatores - Chaves Seccionadoras → *Páginas vao5a_reatores_chaves_fechamento e vao5b_reatores_chaves_fechamento* respectivamente;
- Etapa 5 → Modelagem dos comandos de abrir os disjuntores na seguinte ordem: Vão 5A - Disjuntores, Vão 5B - Disjuntores, Vão 5C - Disjuntores, Vão BT de 230 kV - Disjuntor, Vão 4B - Disjuntor, Vão 4D - Disjuntor → *Páginas vao5a_disjuntores_abertura, vao5b_disjuntores_abertura, vao5c_disjuntores_abertura, vaobt_230_disjuntor_abertura, vao4b_disjuntor_abertura e vao4d_disjuntor_abertura* respectivamente;
- Etapa 6 → Modelagem do comando de posicionar a relação de transformação do ATR *05T1* na faixa de 1 a 16: Vão 5C - CDC → *Páginas vao5c_cdc_selecao_comando_manual e vao5c_cdc_comando_diminuir*;
- Etapas 7, 8 e 9 → Modelagem dos comandos de fechar os disjuntores na seguinte ordem: Vão 5A - Disjuntores → *Página vao5a_disjuntores_fechamento*;
- Etapa 10 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *14L2*: Vão 4B - Disjuntor → *Página vao4b_disjuntor_fechamento*;
- Etapa 11 → Modelagem do comando de fechar o disjuntor *14L3*: Vão 4D - Disjuntor → *Página vao4d_disjuntor_fechamento*;
- Etapas 12, 13 e 14 → Modelagem dos comandos de fechar os disjuntores na seguinte ordem: Vão 5C - Disjuntores → *Página vao5c_disjuntores_fechamento*;
- Etapas 15, 16 e 17 → Modelagem dos comandos de fechar os disjuntores na seguinte ordem: Vão 5B - Disjuntores → *Página vao5b_disjuntores_fechamento*.

Em seguida, com o objetivo de formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE - por SE e por vão da SE - subdivide-se o plano de

recomposição, integram-se as sub-redes modeladas, inicialmente, e estruturam-se as etapas de recomposição, através de modelagem em RPCHs.

8.4 Relações entre a Subestação e os Vãos com as Páginas

As relações entre a SE e os *vãos* da SE com as respectivas *páginas* que compõem o modelo da solução proposta - em RPCHs - neste trabalho, para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, são apresentadas a seguir.

- SE \rightarrow Páginas *se_estado* e *se_controle*;
- Vão 5A \rightarrow Páginas *vao5a_disjuntores_86l_reset*, *vao5a_reatores_chaves_fechamento*, *vao5a_disjuntores_abertura* e *vao5a_disjuntores_fechamento*;
- Vão 5B \rightarrow Páginas *vao5b_disjuntores_86l_reset*, *vao5b_reatores_chaves_fechamento*, *vao5b_disjuntores_abertura* e *vao5b_disjuntores_fechamento*;
- Vão 5C \rightarrow Páginas *vao5c_disjuntores_86l_reset*, *vao5c_disjuntores_abertura*, *vao5c_disjuntores_fechamento*, *vao5c_cdc_86c_reset*, *vao5c_cdc_selecao_comando_manual* e *vao5c_cdc_comando_diminuir* e *vao5c_cdc_selecao_comando_automatgico*;
- Vão BT de 230 kV \rightarrow Página *vaobt_230_disjuntor_abertura*;
- Vão 4B \rightarrow Páginas *vao4b_disjuntor_86l_reset*, *vao4b_disjuntor_abertura* e *vao4b_disjuntor_fechamento*;
- Vão 4D \rightarrow Páginas *vao4d_disjuntor_86l_reset*, *vao4d_disjuntor_abertura* e *vao4d_disjuntor_fechamento*.

Note que, na relação entre o *Vão 5C* com as respectivas *páginas* que compõem o modelo da solução proposta - em RPCHs - neste trabalho, para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, a *página* *vao5c_cdc_selecao_comando_automatgico*, embora não descrita no normativo operacional, já analisado no Capítulo 4, foi acrescentada na solução proposta com o intuito de se ter uma complementação, corretude e generalização desta solução.

As modelagens de alguns elementos básicos - sub-redes - e.g., disjuntor, chave seccionadora, cdc, estado da SE e controle da SE, para a formulação e resolução do problema

de automatizar o plano de recomposição de SE, através de RPCHs, são apresentadas a seguir.

8.5 Modelagem das Sub-Redes da Solução Proposta

8.5.1 Modelo de um Disjuntor de Potência

Inicialmente, é apresentado um modelo, em RPCHs, de um disjuntor de potência típico de sistemas de transmissão de energia elétrica. É tomado como referência o disjuntor de 500 kV *15V6* da SE Sobral III.

A partir da lista de pontos da SE, todos os eventos (alarmes e comandos), que se relacionavam ao equipamento, foram selecionados.

Em seguida, foram estudados estes eventos e segregados em eventos que geram informações sobre o disjuntor e eventos de comandos.

Após esta separação, foi feita uma análise sobre todas as pré-condições necessárias para que os comandos relacionados ao disjuntor possam ser efetuados, em função da natureza dos eventos, e.g., intertravamento, impedimento, etc.

Esta análise resultou nas seguintes pré-condições e seus respectivos eventos associados, conforme listados a seguir.

- Não intertravado remotamente para manobrar pela SE: *Seleção N2*;
- Não intertravado localmente para o comando de "reset" do relé de bloqueio de linha de transmissão (86l) : *Disjuntor (Disj.) 15V6 - Painel 5UA1BZ-1 Unidade de Controle 1 em Local, Disj. 15V6 - Painel 5UA1BZ-1 Unidade de Controle 1 em Teste*;
- Não intertravado localmente para manobrar: *Disj. 15V6 - Modo de Operação em Local, Disj. 15V6 - Modo de Operação em Manutenção, Disj. 15V6 - Painel 5UA1BZ-1 Unidade de Controle 1 em Local, Disj. 15V6 - Painel 5UA1BZ-1 Unidade de Controle 1 em Teste*;
- Intertravado para fechar devido ao relé de bloqueio: *LT 05V6 - Relé de Bloqueio 86L Atuado*;
- Fechado: *Disj. 15V6 - Fechado*;
- Aberto: *Disj. 15V6 - Aberto*;

- Não impedido para comando de "reset" do relé de bloqueio 86l: *Sistema Digital - Servidor 1 - Operando, Sistema Digital - Servidor 2 - Operando, Painel 5UA1BZ-1 - Falta Tensão 125 VCC (Volts em Corrente Contínua) , Painel 5UA1BX-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA1BZ-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BX-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BX-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 5UA1BX-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BX-1 - Falha Unidade de Controle 1;*
- Não impedido para abrir: *Sistema Digital - Servidor 1 - Operando, Sistema Digital - Servidor 2 - Operando, Painel 5UA1BZ-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA1BX-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA1BZ-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Disj. 15V6 - Baixa Pressão Óleo 2º Grau, Disj. 15V6 - Baixa Pressão SF6 (Hexafluoreto de Enxofre - Gás Extintor de Arco Elétrico) 2º Grau, Disj. 15V6 - Baixa Pressão SF6 3º Grau, Disj. 15V6 - Bloqueio Circuito Abertura, Disj. 15V6 - Discordância de Pólos, Disj. 15V6 - Discordância de Módulos, Disj. 15V6 - Falha Circuito Hidráulico, Disj. 15V6 - Falta Tensão CC Comando, Painel 5UA1BZ-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Disj. 15V6 - Impedimento Abertura, Painel 5UA1BX-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BX-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 5UA1BX-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BX-1 - Falha Unidade de Controle 1;*
- Não impedido para fechar: *Sistema Digital - Servidor 1 - Operando, Sistema Digital - Servidor 2 - Operando, Painel 5UA1BZ-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA1BX-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA1BZ-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Disj. 15V6 - Baixa Pressão Óleo 2º Grau, Disj. 15V6 - Baixa Pressão SF6 2º Grau, Disj. 15V6 - Baixa Pressão SF6 3º Grau, Disj. 15V6 - Bloqueio Circuito Fechamento, Disj. 15V6 - Discordância de Pólos, Disj. 15V6 - Discordância de Módulos, Disj. 15V6 - Falha Circuito Hidráulico, Disj. 15V6 - Falta Tensão CC Comando, Painel 5UA1BZ-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Disj. 15V6 - Impedimento Fechamento, Painel 5UA1BX-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BX-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 5UA1BX-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BX-1 - Falha Unidade de Controle 1.*

Com o intuito de se ter corretude e de generalização da solução proposta, a pré-condição "*Não intertravado para fechar*" foi acrescentada ao modelo, em RPCHs, do disjuntor de potência. Esta pré-condição e seu respectivo evento associado são descritos a seguir.

- Não intertravado para fechar: *Disj. 15V6 - Intertravamento Ativo*.

Na modelagem em RPCHs, cada pré-condição do disjuntor é modelada por um *lugar* que representa uma pré-condição específica do disjuntor. A presença de uma *ficha* em cada um destes *lugares*, que indica que a pré-condição estabelecida por este *lugar* é satisfeita, é função dos respectivos eventos associados às pré-condições, ou seja, é uma função lógica booleana de recomposição que é ativada quando qualquer evento associado a uma determinada pré-condição ocorre. A ativação de uma função lógica booleana de recomposição significa que uma ficha está presente no respectivo lugar associado a esta pré-condição.

Com o objetivo de exemplificar e definir o funcionamento de uma função lógica booleana, tome como referência a pré-condição "*Não intertravado localmente para comando de "reset" do relé de bloqueio 86l*" que é função dos respectivos eventos associados a esta pré-condição : "*Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 em Local*" e "*Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 em Teste*". A escolha desta pré-condição como referência se deve ao fato de que é um exemplo simples, representativo e, didaticamente, mais interessante, pois possui apenas 2 eventos associados a esta pré-condição e, desta forma, constitui-se em um exemplo não-trivial (com apenas 1 evento associado à pré-condição). Observe que o evento "*Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 em Local*" está alarmado, quando está em nível lógico 1, enquanto que o evento "*Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 em Teste*" está alarmado, quando está em nível lógico 0. Considere a pré-condição "*Não intertravado localmente para comando de "reset" do relé de bloqueio 86l*" como sendo a variável " y_2 ", o evento "*Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 em Local*" a variável " x_{21} " e o evento "*Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 em Teste*" a variável " x_{22} ". A função lógica booleana desta pré-condição, y_2 , é do tipo:

$$y_2 = x_{21} + x_{22}^{\bar{}}. \quad (8.1)$$

Observe que se o evento "*Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 em Local*" ou o evento "*Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 em Teste*" estiver alarmado, a função lógica booleana " y_2 " estará em nível lógico 1, o que representa que há uma ficha no lugar associado a esta pré-condição. Caso nenhum destes eventos esteja alarmado, a função lógica booleana " y_2 " estará em nível lógico 0, o que representa que não há uma ficha no lugar associado a esta pré-condição.

Análises semelhantes podem ser realizadas nas demais pré-condições, para observação do comportamento das respectivas funções lógicas booleanas associadas a estas pré-condições.

Generalizando, a função lógica booleana está associada às aquisições das pré-condições necessárias para a realização de determinada manobra em determinado equipamento do modelo proposto neste trabalho e é do tipo:

$$y_n = x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nm}, \text{ onde } n \text{ e } m \text{ são números inteiros.} \quad (8.2)$$

Note que o número inteiro - n - está associado à respectiva pré-condição necessária para a realização de determinada manobra em determinado equipamento, conforme o modelo proposto neste trabalho.

Observe que o número inteiro - m - está associado aos respectivos eventos da pré-condição com a qual se relaciona, conforme o modelo proposto neste trabalho.

A função lógica booleana de recomposição é a função lógica booleana OU das respectivas funções lógicas booleanas associadas às pré-condições necessárias para a realização de determinada manobra em determinado equipamento.

Generalizando, a função lógica booleana de recomposição do modelo proposto neste trabalho é do tipo:

$$z_r = y_1 + y_2 + \dots + y_s, \text{ onde } r \text{ e } s \text{ são números inteiros.} \quad (8.3)$$

Note que o número inteiro - r - está associado à respectiva transição que adquire informações do sistema supervisor, conforme o modelo proposto neste trabalho.

Observe que o número inteiro - s - está associado às respectivas pré-condições com as quais se relacionam, conforme o modelo proposto neste trabalho.

Complementação do Modelo de um Disjuntor de Potência

Alguns eventos associados a execuções de comandos remotos, ao "*status*" da aplicação, a condições sistêmicas e à generalização da solução proposta são importantes, não só para complementar a modelagem do equipamento, como também, visando à confiabilidade e à segurança da aplicação de recomposição de SE. Caso haja uma falha de comando remoto, devem ser gerados alarmes não só da não execução do respectivo comando, bem como o de bloqueio do automatismo do vão e/ou de recomposição da SE, dependendo se o respectivo comando é "importante" ou "imprescindível", para a recomposição da SE. Se o comando remoto for executado com sucesso, o evento de sucesso associado ao respectivo comando também deve ser gerado. Assim, têm-se também os seguintes eventos, conforme listados a seguir.

- Comando de "reset" do relé de bloqueio 86l - falha;
- Comando de "reset" do relé de bloqueio 86l - sucesso;
- Comando de abrir - falha;
- Comando de abrir - sucesso;
- Comando de fechar - falha;
- Comando de fechar - sucesso;
- Selecionado o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l;
- Selecionado o comando de abertura;
- Selecionado o comando de fechamento;
- Não tem restrição sistêmica para fechar;
- Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas;
- Liberação diagnóstico de faltas para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86l;
- Liberação diagnóstico de faltas para fechar;
- Bloqueio do automatismo de recomposição do vão da SE;
- Não bloqueio do automatismo de recomposição do vão da SE;
- Bloqueio do automatismo de recomposição da SE;
- Não bloqueio do automatismo de recomposição da SE.

Note que:

- O evento "*Não tem restrição sistêmica para fechar*" está associado a condições sistêmicas necessárias para que determinados equipamentos possam ser manobrados, como, por exemplo, a pré-condição "observar se há tensão na LT 05V9" que é função das seguintes supervisões: Tensão do TP da LT 05V9 $>$ 30 kV e MD do TP da LT 05V9 Atuado. A funcionalidade deste evento é semelhante a das funções lógicas booleanas associadas às pré-condições necessárias para se realizar determinadas manobras no disjuntor de potência, explicada anteriormente;

- O evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*" é função das etapas de avaliações "imprescindíveis" para o sucesso do plano de recomposição de SE que já tenham sido realizadas até a etapa associada à respectiva avaliação que se deseja obter a informação de que não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas. Por exemplo, considere a etapa de "*Comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor 15V9*". De acordo com o normativo operacional, nesta etapa, o sistema de auxílio à recomposição de SE já executou as ações de "*Identificar o desligamento da SE como geral*", "*Selecionar a SE para operar pelo N2*". Sendo assim, nesta etapa, o evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*" é função dos eventos "*Identificado o desligamento da SE como geral*", "*Selecionado a SE para operar pelo N2*" e das pré-condições, preliminarmente, verificadas, para que se possa manobrar o respectivo relé de bloqueio. A funcionalidade deste evento é semelhante a das funções lógicas booleanas associadas às pré-condições necessárias para se realizar determinadas manobras no disjuntor, explicada anteriormente;
- O evento "*Liberação diagnóstico de faltas para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86l*" está associado a uma informação proveniente de um "*sistema de diagnóstico de faltas*". Este evento se faz necessário devido à generalização da solução proposta para automatizar o procedimento de recomposição de SE. Nesta solução generalista, o sistema de auxílio à recomposição de SE interagiria com um "*sistema de diagnóstico de faltas*" que informaria à ferramenta de automatizar o procedimento de recomposição de SE, de acordo com o diagnóstico de faltas eficiente, os equipamentos que podem e os que não podem ser manobrados. Com esta informação e com base nos procedimentos do normativo operacional de recomposição, o sistema de auxílio à recomposição de SE recomporia a SE de modo adequado e eficiente;
- O evento "*Liberação diagnóstico de faltas para fechar*" tem funcionalidade semelhante a do evento "*Liberação diagnóstico de faltas para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86l*", mas relacionado ao comando de fechar o disjuntor de potência, ao invés do comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86l, associado ao disjuntor de potência;
- Os eventos "*Bloqueio do automatismo de recomposição do vão da SE*" e "*Não bloqueio do automatismo de recomposição do vão da SE*" apenas comporão o modelo dos disjuntores "importantes" de serem manobrados, mas não "imprescindíveis" para o sucesso do plano de recomposição da SE;

- Os eventos "*Bloqueio do automatismo de recomposição da SE*" e "*Não bloqueio do automatismo de recomposição da SE*" apenas comporão o modelo dos disjuntores "imprescindíveis" de serem manobrados, ou seja, aqueles que têm de ser manobrados, para que o plano de recomposição da SE tenha sucesso.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações*, associadas a estes eventos listados, estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Os comandos importantes à dinâmica do disjuntor e seus respectivos eventos associados são mostrados a seguir.

- Comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86l: *LT 05V6 - Reset Relé 86L*;
- Comando para abrir: *Disj. 15V6 - Comando Abrir*;
- Comando para fechar: *Disj. 15V6 - Comando Fechar*.

Na modelagem em RPCHs, cada comando associado ao disjuntor é representado por uma *transição*. Para que uma determinada *transição* esteja habilitada é necessário que todas as pré-condições representadas pelos seus respectivos "*lugares de entrada*" estejam ativadas. Sendo assim, possível executar tais comandos.

Com estas informações, pode-se modelar a dinâmica de estados do disjuntor de potência em RPCHs.

Considerações Parciais sobre o Modelo de um Disjuntor de Potência

Observe que o modelo da dinâmica de estados de um disjuntor de potência, independentemente, de que nível de tensão este disjuntor seja, é estruturalmente semelhante, podendo ter apenas algumas variações nos eventos associadas a uma determinada pré-condição.

A modelagem do disjuntor de potência, em RPCHs, foi realizada no CPN Tools.

Como o modelo da dinâmica de estados de um disjuntor de potência, independentemente, de que nível de tensão este disjuntor seja, é estruturalmente semelhante, tome como referência, para exemplificar a modelagem de um disjuntor de potência, em RPCHs, no CPN Tools, o disjuntor do vão 4D, *14L3*. A escolha do vão 4D como referência se deve ao fato de que este vão possui apenas 1 disjuntor e, desta forma, torna-se um exemplo mais simples e, didaticamente, mais interessante.

A modelagem, em RPCHs, de um disjuntor de potência, para fins de recomposição automática de SE, foi composta de três *páginas*. Cada *página* deste modelo está relacionada a uma manobra do disjuntor de potência associada ao plano de recomposição, ou seja, o comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86l, o comando para abrir e o comando para fechar.

Modelo do Comando de "*Reset*" do Relé de Bloqueio 86l de um Disjuntor de Potência

Na Figura 8.2, tem-se a *página*, que modela, em RPCHs, no CPN Tools, o comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86l do disjuntor de potência *14L3* no estado inicial. Observe que os lugares das RPCHs estão associados às pré-condições necessárias para se manobrar o equipamento, ao "*status*" do disjuntor e ao "*status*" da aplicação de recomposição de SE; as transições representam aquisições de informações do sistema supervisor e/ou de um *sistema de diagnóstico de faltas*, decisões de disposição de fichas, ordem de comando e alarmes associados à não-execução destes comandos do disjuntor. Uma ficha em um lugar representa que esta condição associada ao lugar é satisfeita.

Note que associados a alguns lugares e transições, há mnemônicos que indicam o que cada lugar e transição representam: o lugar *v4d86lres*, por exemplo, indica que, no vão 4D, no relé de bloqueio 86l, deve ser comandado o "*reset*" do relé de bloqueio; a transição *v4dres86l*, por exemplo, indica, no vão 4D, no relé de bloqueio 86l, comandar o "*reset*" do relé de bloqueio.

Análises semelhantes podem ser realizadas nos demais lugares e transições, para se obter o significado dos demais mnemônicos associados a estes.

Todas as páginas constituintes do modelo global, em RPCHs, que têm como intuito a recomposição automática da SE, possui mnemônicos associados a alguns lugares e transições. Análises semelhantes às que foram realizadas anteriormente podem ser realizadas nestes lugares e transições, para se obter o significado destes mnemônicos.

Para que o comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86l do disjuntor ocorra, a seguinte dinâmica é necessária:

- Lugar *v4d86lres* → uma ficha neste lugar indica que um comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3* é preciso;
- Transição *aqv4d86lresnok* → quando há uma ficha no lugar *v4d86lres*, esta transição está habilitada, indicando que é necessário a aquisição da informação do "*status*" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3*. Se este relé de bloqueio estiver "*atuado*", é retornada uma informação "*true*". Caso contrário, uma informação "*false*" é retornada;
- Lugar *aux245* → de acordo com a informação do "*status*" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3*, há uma ficha (*a,true*) neste lugar, se o relé de bloqueio 86l está "*atuado*" ou uma ficha (*a,false*) neste lugar, se o relé de bloqueio 86l não está "*atuado*";

- Transição *aux123* → esta transição avalia as informações obtidas sobre o "status" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3*. Se o relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3* estiver "atuado", uma ficha é colocada no lugar *aux246*, indicando que precisa ser comandado o "reset" neste relé de bloqueio. Isto habilita a transição *aqv4d86lresman*, indicando que é necessário a aquisição da informação de que o relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3* não está impossibilitado de ser comandado o seu "reset". Esta informação é necessária, para que se possa comandar o "reset" do relé de bloqueio, de modo confiável e seguro. No entanto, se o relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3* não estiver "atuado", uma ficha é colocada no lugar *v4d86lresok*, indicando que não precisa ser comandado o "reset" neste relé de bloqueio. Isto habilita a transição *v4d86lresprox*, que colocará uma ficha no lugar *v5c86cres*, indicando que um comando de "reset" do relé de bloqueio de cdc (86c) é preciso;
- Lugar *aux246* → uma ficha neste lugar habilita a transição *aqv4d86lresman*, indicando que é necessário a aquisição da informação de que o relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3* não está impossibilitado para comandar o seu "reset". Se este relé de bloqueio não estiver impossibilitado para comandar o seu "reset", é retornada uma informação "true". Caso contrário, uma informação "false" é retornada. A função lógica booleana de recomposição associada à transição *aqv4d86lresman*, z_2 , é do tipo:

$$z_2 = y_1 + y_2 + y_3 + y_4. \quad (8.4)$$

Onde:

y_1 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não impedido para comando de "reset" do relé de bloqueio 86l" do disjuntor *14L3*;

y_2 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não intertravado localmente para comando de "reset" do relé de bloqueio 86l" do disjuntor *14L3*;

y_3 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não intertravado remotamente para manobrar pela SE" do disjuntor *14L3*;

y_4 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Liberação diagnóstico de faltas para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86l" do disjuntor *14L3*;

- Lugar *aux247* → de acordo com a informação de que o relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3* está impossibilitado para comandar o seu "reset", há uma ficha ($a, true$) neste lugar, se o relé de bloqueio 86l não está impossibilitado para comandar o seu "reset" ou uma ficha ($a, false$) neste lugar, se o relé de bloqueio 86l está impossibilitado;

- Transição *aux124* → esta transição avalia as informações obtidas sobre a impossibilidade de comandar o "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3*. Se o relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3* não estiver impossibilitado, uma ficha é colocada no lugar *aux252*, indicando que a informação associada à não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para que se possa realizar o comando de "reset" do relé de bloqueio deve ser obtida. Isto habilita a transição de substituição *ts_aqv4d86lresnaltestcondman*, indicando que é necessária a aquisição da informação de que não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para se comandar o "reset" do relé de bloqueio. Mais informações sobre a funcionalidade desta transição de substituição são apresentadas posteriormente, quando da apresentação do modelo global, em RPCHs, para formular e resolver o problema de automatismo de recomposição de SE. Esta informação de que não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para se comandar o "reset" do relé de bloqueio é necessária, para que se possa comandar o "reset" do relé de bloqueio, de modo confiável e seguro. No entanto, se a função lógica booleana de recomposição que indica que não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas informa que o "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3* não deve ser comandado, uma ficha é colocada no lugar *bloqautom* e uma ficha é retirada do lugar *nbloqautom*, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE está bloqueada e comando algum pode ser realizado na SE, devido a critérios de confiabilidade e segurança considerados na solução proposta;
- Lugar *aux252* → funcionalidade semelhante ao do lugar *aux246*, mas associado à aquisição da informação de não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar o "reset" do relé de bloqueio;
- Lugar *aux253* → funcionalidade semelhante ao do lugar *aux247*, mas associado à aquisição da informação de não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar o "reset" do relé de bloqueio;
- Transição *aux127* → funcionalidade semelhante à da transição *aux124*, mas associada à aquisição da informação de não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar o "reset" do relé de bloqueio;
- Lugar *aux256* → funcionalidade semelhante ao do lugar *aux252*, indicando que todas as pré-condições necessárias para comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor *14L3* foram satisfeitas. Uma ficha neste lugar habilita a transição *v4dres86l*;

- Transição $v4dres86l \rightarrow$ realiza o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor $14L3$;
- Lugar $v4dres86l$ \rightarrow uma ficha neste lugar indica que, no relé de bloqueio 86l do disjuntor $14L3$, o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l foi selecionado;
- Transição $v4dres86lok \rightarrow$ aquisição da informação que o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l foi executado com sucesso. Quando o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l tem sucesso: uma ficha é retirada do lugar $v4dres86l$, indicando que, no relé de bloqueio 86l do disjuntor $14L3$, o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l não está mais selecionado; uma ficha é colocada no lugar $v4d86lresok$, indicando que o comando de "reset" do relé de bloqueio do disjuntor $14L3$ obteve sucesso, habilitando o próximo passo no plano de recomposição, através da transição $v4d86lresprox$ que, ao disparar, colocará uma ficha no lugar $v5c86cres$, indicando que o relé de bloqueio 86c do cdc precisa de um comando de "reset";
- Transição $v4dres86lfal \rightarrow$ aquisição da informação que o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l falhou. Quando o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l falha: uma ficha é retirada do lugar $v4dres86l$, indicando que, no relé de bloqueio 86l do disjuntor $14L3$, o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l não está mais selecionado; uma ficha é retirada do lugar $nbloqautom$ e uma ficha é colocada no lugar $bloqautom$, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE está bloqueada. Este bloqueio é devido a critérios de confiabilidade e de segurança da aplicação, haja vista este disjuntor ser "imprescindível" para o sucesso do plano de recomposição de SE e uma seqüência de manobras indevidas poder ocasionar danos severos ao sistema elétrico de potência.

Note que:

- Em sua condição inicial, o lugar $nbloqautom$ tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;
- Em sua condição inicial, o lugar $bloqautom$ não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Observe que os nomes dos lugares e das transições são distintos, visando a se ter, quando da necessidade de se realizar análise formal do modelo proposto, em RPCHs, por exemplo, através de espaços de estados, uma análise adequada e eficiente.

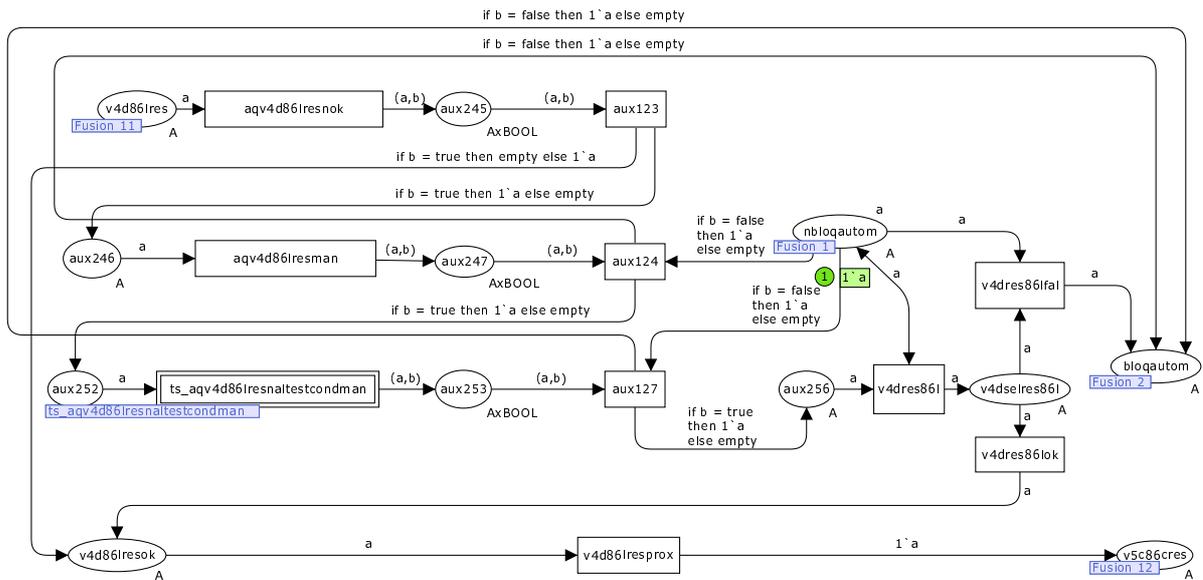


Figura 8.2: Página da Modelagem do Comando de "Reset" do Relé de Bloqueio 86l do Disjuntor de Potência 14L3 no Estado Inicial.

Modelo do Comando de Abrir de um Disjuntor de Potência

Na Figura 8.3, tem-se a página, que modela, em RPCHs, no CPN Tools, o comando de abrir do disjuntor de potência 14L3. Observe que, semelhantemente, à página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor 14L3: os lugares das RPCHs estão associados às pré-condições necessárias para se manobrar o equipamento, ao "status" do disjuntor e ao "status" da aplicação de recomposição de SE; as transições representam aquisições de informações do sistema supervisorio, decisões de disposição de fichas, ordem de comando e alarmes associados a não-execução destes comandos do disjuntor.

Note que:

- O lugar $v4ddjab$ → indica que o disjuntor do vão 4D, 14L3, deve ser aberto;
- A transição $aqv4ddjfe$ → aquisição da informação que o disjuntor 14L3 está fechado;
- A transição $aqv4ddjabman$ → aquisição da informação que o disjuntor 14L3 não está impossibilitado para manobrar. A função lógica booleana de recomposição associada à transição $aqv4ddjabman$, z_2 , é do tipo:

$$z_2 = y_1 + y_2 + y_3. \tag{8.5}$$

Onde:

y_1 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não intertravado localmente para manobrar" do disjuntor 14L3;

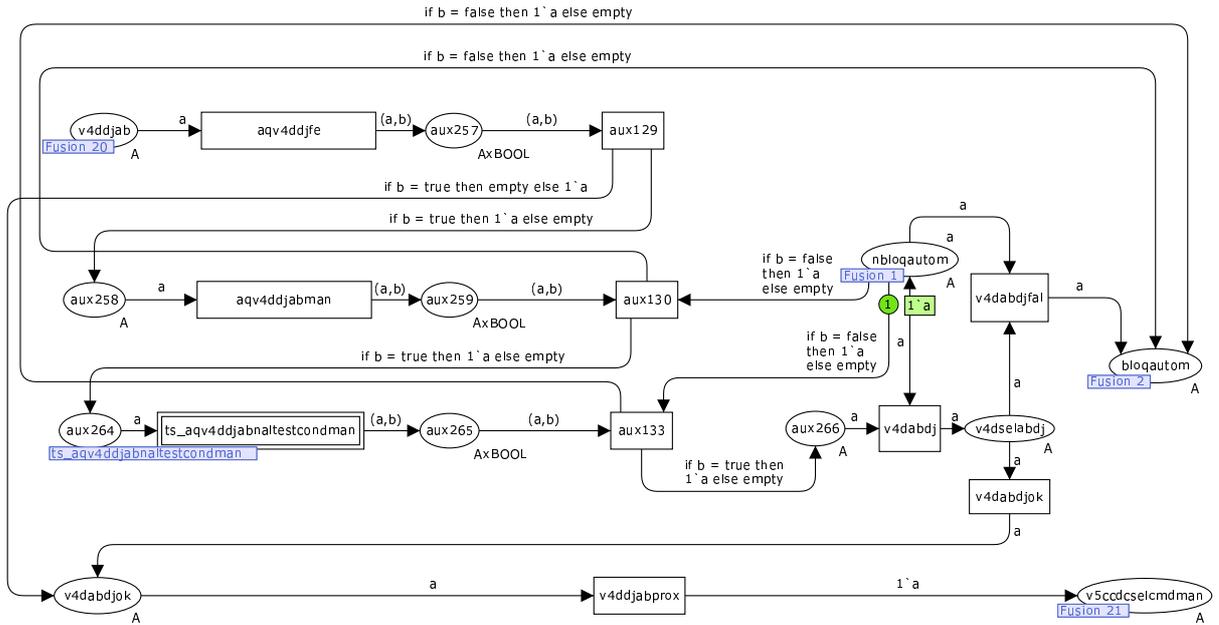


Figura 8.3: Página da Modelagem do Comando de Abrir do Disjuntor de Potência 14L3 no Estado Inicial.

y_2 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não intertravado remotamente para manobrar pela SE" do disjuntor 14L3;

y_3 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não impedido para abrir" do disjuntor 14L3;

- A transição de substituição $ts_aqv4ddjabnaltestcondman \rightarrow$ aquisição da informação que não houve alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar o disjuntor 14L3 para abrir. Mais informações sobre a funcionalidade desta transição de substituição são apresentadas posteriormente, quando da apresentação do modelo global, em RPCHs, para formular e resolver o problema de automatismo de recomposição de SE;
- A transição $v4dabdj \rightarrow$ indica comandar o disjuntor 14L3 para abrir;
- O lugar $v4dtselabdj \rightarrow$ indica que o disjuntor 14L3 foi selecionado para abrir;
- A transição $v4dabdjfal \rightarrow$ aquisição da informação que o comando de abrir o disjuntor 14L3 falhou;
- A transição $v4dabdjok \rightarrow$ aquisição da informação que o comando de abrir o disjuntor 14L3 foi executado com sucesso;
- O lugar $v4dabdjok \rightarrow$ indica que o disjuntor 14L3 foi aberto com sucesso;

- A transição $v4ddjabprox \rightarrow$ de acordo com o normativo operacional de recomposição de SE, indica a próxima manobra que deve ser executada, após a abertura do disjuntor $14L3$, através da retirada de uma ficha do lugar $v4dabdjok$ e a colocação de uma outra ficha no lugar $v5ccdcselecmdman$;
- O lugar $v5ccdcselecmdman \rightarrow$ indica a próxima manobra que deve ser executada, após a abertura com sucesso do disjuntor $14L3$, que é selecionar o comando do cdc para operar no modo manual;
- Os lugares $nbloqautom$ e $bloqautom$ têm, nesta página, a mesma função que têm na página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor $14L3$.

Análise semelhante a que foi realizada para a página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor $14L3$ pode ser realizada para a página que modela o comando de abrir do disjuntor $14L3$, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Modelo do Comando de Fechar de um Disjuntor de Potência

Na Figura 8.4, tem-se a página, que modela, em RPCHs, no CPN Tools, o comando de fechar do disjuntor de potência $14L3$. Observe que, semelhantemente, à página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor $14L3$: os lugares das RPCHs estão associados às pré-condições necessárias para se manobrar o equipamento, ao "status" do disjuntor e ao "status" da aplicação de recomposição de SE; as transições representam aquisições de informações do sistema supervisor e/ou de um sistema de diagnóstico de faltas, decisões de disposição de fichas, ordem de comando e alarmes associados à não-execução destes comandos do disjuntor.

Note que:

- O lugar $v4ddjfe \rightarrow$ indica que o disjuntor do vão 4D, $14L3$, deve ser fechado;
- A transição $aqv4ddjab \rightarrow$ aquisição da informação que o disjuntor $14L3$ está aberto;
- A transição $aqv4ddjfeman \rightarrow$ aquisição da informação que o disjuntor $14L3$ não está impossibilitado para manobrar. A função lógica booleana de recomposição associada à transição $aqv4ddjfeman$, z_2 , é do tipo:

$$z_2 = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6. \quad (8.6)$$

Onde:

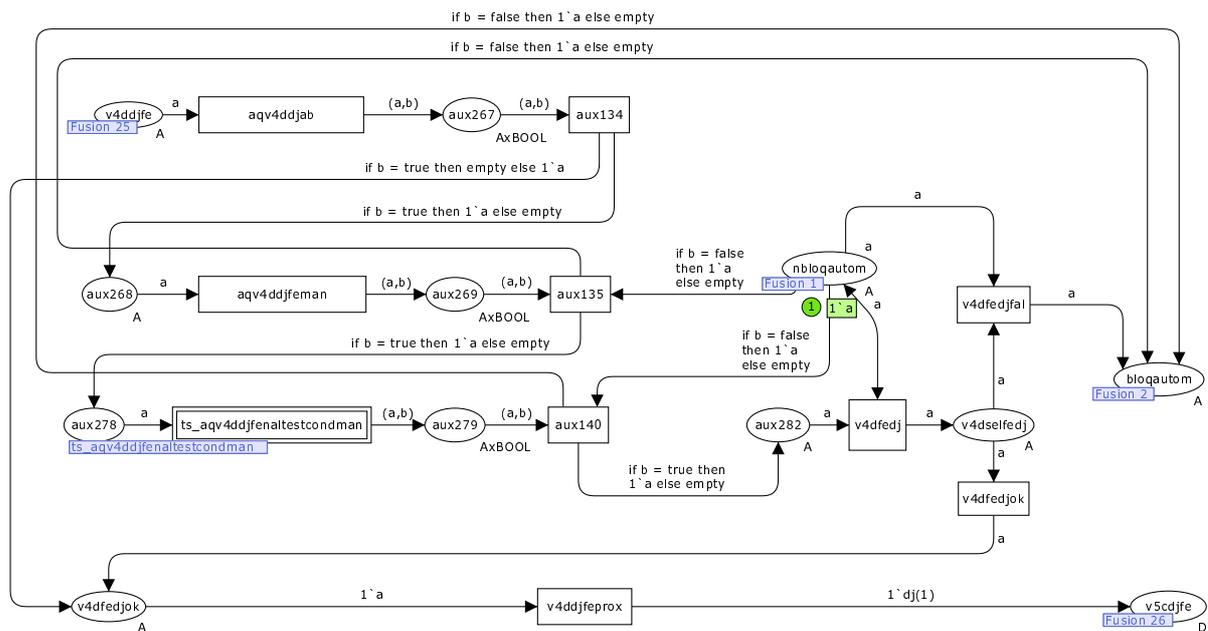


Figura 8.4: Página da Modelagem do Comando de Fechar do Disjuntor de Potência 14L3 no Estado Inicial.

y_1 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não intertravado localmente para manobrar" do disjuntor 14L3;

y_2 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não intertravado remotamente para manobrar pela SE" do disjuntor 14L3;

y_3 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não impedido para fechar" do disjuntor 14L3;

y_4 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não intertravado para fechar" do disjuntor 14L3;

y_5 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não tem restrição sistêmica para fechar" do disjuntor 14L3;

y_6 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Liberação diagnóstico de faltas para fechar" do disjuntor 14L3;

- A transição de substituição $ts_aqv4ddjfenaltestcondman \rightarrow$ aquisição da informação que não houve alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar o disjuntor 14L3 para fechar. Mais informações sobre a funcionalidade desta transição de substituição são apresentadas posteriormente, quando da apresentação do modelo global, em RPCHs, para formular e resolver o problema de automatismo de recomposição de SE;
- A transição $v4dfedj \rightarrow$ indica comandar o disjuntor 14L3 para fechar;

- O lugar $v4dselfedj \rightarrow$ indica que o disjuntor $14L3$ foi selecionado para fechar;
- A transição $v4dfedjfal \rightarrow$ aquisição da informação que o comando de fechar o disjuntor $14L3$ falhou;
- A transição $v4dfedjok \rightarrow$ aquisição da informação que o comando de fechar o disjuntor $14L3$ foi executado com sucesso;
- O lugar $v4dfedjok \rightarrow$ indica que o disjuntor $14L3$ foi fechado com sucesso;
- A transição $v4ddjfeprox \rightarrow$ de acordo com o normativo operacional de recomposição de SE, indica a próxima manobra que deve ser executada, após o fechamento do disjuntor $14L3$, através da retirada de uma ficha do lugar $v4dfedjok$ e a colocação de uma outra ficha no lugar $v5cdjfe$;
- O lugar $v5cdjfe \rightarrow$ indica a próxima manobra que deve ser executada, após o fechamento com sucesso do disjuntor $14L3$, que é fechar o disjuntor do vão 5C, $15T1$;
- Os lugares $nbloqautom$ e $bloqautom$ têm, nesta página, a mesma função que têm na página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor $14L3$.

Análise semelhante a que foi realizada para a página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor $14L3$ pode ser realizada para a página que modela o comando de fechar do disjuntor $14L3$, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Observe que com estas três páginas - a do comando de "reset" do relé de bloqueio 86l, a do comando de abrir e a do comando de fechar - associadas à dinâmica do disjuntor $14L3$, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, tem-se a formulação, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Após a apresentação de um modelo, em RPCHs, de um disjuntor de potência típico de sistemas de transmissão de energia elétrica, o próximo passo é apresentar um modelo, em RPCHs, de uma chave seccionadora típica de sistemas de transmissão de energia elétrica.

8.5.2 Modelo de uma Chave Seccionadora

É tomada como referência a chave seccionadora de 500 kV $35E4-8$ da SE Sobral III.

A partir da lista de pontos da SE, todos os eventos (alarmes e comandos), que se relacionavam ao equipamento, foram selecionados.

Em seguida, foram estudados estes eventos e segregados em eventos que geram informações sobre a chave seccionadora e eventos de comandos.

Após esta separação, foi feita uma análise sobre todas as pré-condições necessárias para que os comandos relacionados à chave seccionadora possam ser efetuados, em função da natureza dos eventos, e.g., intertravamento, impedimento, etc.

Esta análise resultou nas seguintes pré-condições e seus respectivos eventos associados, conforme listados a seguir.

- Não intertravada remotamente para manobrar pela SE: *Seleção N2*;
- Não intertravada localmente para manobrar a chave seccionadora *35E4-8: Seccionadora (Secc.) 35E4-8 - Modo de Operação em Local, Painel 5UA1BZ-3 - Unidade de Controle 1 em Local, Painel 5UA1BZ-3 - Unidade de Controle 1 em Teste*;
- Fechada: *Secc. 35E4-8 - Fechada*;
- Aberta: *Secc. 35E4-8 - Aberta*;
- Não impedida para manobrar: *Sistema Digital - Servidor 1 - Operando, Sistema Digital - Servidor 2 - Operando, Painel 5UA1BZ-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA1BX-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA1BZ-3 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA1BX-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BX-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1BX-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BX-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BZ-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BZ-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1BZ-3 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BZ-3 - Falha Unidade de Controle 1, Secc. 35E4-8 - Falta Tensão CC Circuito Comando, Secc. 35E4-8 - Falta Tensão CA Motor.*

Com o intuito de se ter corretude e de generalização da solução proposta, a pré-condição "*Não intertravada para fechar*" foi acrescentada ao modelo, em RPCHs, da chave seccionadora. Esta pré-condição e seu respectivo evento associado são descritos a seguir.

- Não intertravada para fechar: *Secc. 35E4-8 - Intertravamento Ativo.*

Na modelagem em RPCHs, cada pré-condição da chave seccionadora é modelada por um *lugar* que representa uma pré-condição específica da chave seccionadora. A presença de uma *ficha* em cada um destes *lugares*, que indica que a pré-condição estabelecida

por este *lugar* é satisfeita, é função dos respectivos eventos associados às pré-condições, ou seja, é uma função lógica booleana de recomposição que é ativada quando qualquer evento associado a uma determinada pré-condição ocorre. A ativação de uma função lógica booleana de recomposição significa que uma ficha está presente no respectivo lugar associado a esta pré-condição.

A funcionalidade destas funções lógicas booleanas de recomposição é semelhante ao funcionamento das funções lógicas booleanas de recomposição, explicadas anteriormente na modelagem, em RPDs, da dinâmica do disjuntor de potência.

Complementação do Modelo de uma Chave Seccionadora

Alguns eventos associados a execuções de comandos remotos, ao "*status*" da aplicação, a condições sistêmicas e à generalização da solução proposta são importantes, não só para complementar a modelagem do equipamento, como também, visando à confiabilidade e à segurança da aplicação de recomposição de SE. Caso haja uma falha de comando remoto, devem ser gerados alarmes não só da não execução do respectivo comando, bem como o de bloqueio do automatismo de recomposição da SE, haja vista o respectivo comando ser "imprescindível" para a recomposição da SE. Se o comando remoto for executado com sucesso, o evento de sucesso associado ao respectivo comando também deve ser gerado. Assim, têm-se também os seguintes eventos, conforme listados a seguir.

- Comando de fechar - falha;
- Comando de fechar - sucesso;
- Selecionado o comando de fechamento;
- Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas;
- Liberação diagnóstico de faltas para fechar;
- Bloqueio do automatismo de recomposição da SE;
- Não bloqueio do automatismo de recomposição da SE.

Note que:

- O evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*" é função das etapas de avaliações "imprescindíveis" para o sucesso do plano de recomposição de SE que já tenham sido realizadas até a etapa associada à respectiva avaliação que se deseja obter a informação de que não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas. A funcionalidade deste evento é semelhante a

das funções lógicas booleanas associadas às pré-condições necessárias para se realizar determinadas manobras no disjuntor de potência, explicada anteriormente;

- O evento "*Liberação diagnóstico de faltas para fechar*" está associado a uma informação proveniente de um "*sistema de diagnóstico de faltas*". Este evento se faz necessário devido à generalização da solução proposta para automatizar o procedimento de recomposição de SE. Nesta solução generalista, o sistema de auxílio à recomposição de SE interagiria com um "*sistema de diagnóstico de faltas*" que informaria à ferramenta de automatizar o procedimento de recomposição de SE, de acordo com o diagnóstico de faltas eficiente, os equipamentos que podem e os que não podem ser manobrados. Com esta informação e com base nos procedimentos do normativo operacional de recomposição, o sistema de auxílio à recomposição de SE recomporia a SE de modo adequado e eficiente.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações*, associadas a estes eventos listados, estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

O comando importante à dinâmica da chave seccionadora e seu respectivo evento associado é mostrado a seguir.

- Comando para fechar: *Secc. 35E4-8 - Comando fechar*.

Na modelagem em RPCHs, o comando associado à chave seccionadora é representado por uma *transição*. Para que uma determinada *transição* esteja habilitada é necessário que todas as pré-condições representadas pelos seus respectivos "*lugares de entrada*" estejam ativadas. Sendo assim, possível executar tal comando.

Com estas informações, pode-se modelar a dinâmica de estados da chave seccionadora em RPCHs.

Considerações Parciais sobre o Modelo de uma Chave Seccionadora

Observe que o modelo da dinâmica de estados da chave seccionadora, independentemente, de que nível de tensão esta chave seccionadora seja, é estruturalmente semelhante, podendo ter apenas algumas variações nos eventos associados a uma determinada pré-condição.

A modelagem da chave seccionadora, em RPCHs, foi realizada no CPN Tools.

Tome como referência, para exemplificar a modelagem de uma chave seccionadora, em RPCHs, no CPN Tools, a chave seccionadora do vão 5B, *35E4-8*.

A modelagem, em RPCHs, de uma chave seccionadora, para fins de recomposição automática de SE, foi composta de uma *página*. Esta *página* está relacionada à manobra

da chave seccionadora associada ao plano de recomposição, ou seja, ao comando para fechar.

Modelo do Comando de Fechar de uma Chave Seccionadora

Na Figura 8.5, tem-se a *página*, que modela, em RPCHs, no CPN Tools, o comando para fechar da chave seccionadora 35E4-8. Neste modelo, a chave seccionadora 35E4-8 corresponde à ficha *ch(1)* e a chave seccionadora 35E3-8 corresponde à ficha *ch(2)*. Observe que os lugares das RPCHs estão associados às pré-condições necessárias para se manobrar o equipamento, ao "*status*" da chave seccionadora e ao "*status*" da aplicação de recomposição de SE; as transições representam aquisições de informações do sistema supervisor e/ou de um *sistema de diagnóstico de faltas*, decisões de disposição de fichas, ordem de comando e alarmes associados à não-execução destes comandos da chave seccionadora. Uma ficha em um lugar representa que esta condição associada ao lugar é satisfeita.

Note que associados a alguns lugares e transições, há mnemônicos que indicam o que cada lugar e transição representam: o lugar *v5bchfe*, por exemplo, indica que, no vão 5B, as chaves seccionadoras, associadas aos reatores deste vão, devem ser comandadas para fechar; a transição *v5bfech*, por exemplo, indica, no vão 5B, que, as chaves seccionadoras, associadas aos reatores deste vão, sejam comandadas para fechar.

Análises semelhantes podem ser realizadas nos demais lugares e transições, para se obter o significado dos demais mnemônicos associados a estes.

Para que o comando de fechar da chave seccionadora ocorra, a seguinte dinâmica é necessária:

- Lugar *v5bchfe* → uma ficha neste lugar indica que comandos de fechar, associados às chaves seccionadoras dos reatores do vão 5B, são precisos;
- Transição *aqv5breachab* → quando há uma ficha no lugar *v5bchfe*, esta transição está habilitada, indicando que é necessário a aquisição da informação do "*status*" da chave seccionadora, associada à ficha, *ch(1)* ou *ch(2)*. Se esta chave seccionadora estiver aberta, é retornada uma informação "*true*". Caso contrário, uma informação "*false*" é retornada;
- Lugar *aux77* → de acordo com a informação da chave seccionadora, associada à ficha, *ch(1)* ou *ch(2)*, há uma ficha (*c,true*) neste lugar, se a chave seccionadora está aberta, ou uma ficha (*c,false*) neste lugar, se a chave seccionadora está fechada;
- Transição *aux39* → esta transição avalia as informações obtidas sobre o "*status*" da chave seccionadora 35E4-8. Se a chave seccionadora 35E4-8 estiver aberta,

uma ficha, $ch(1)$, é colocada no lugar $aux78$, indicando que o comando de fechar a chave seccionadora precisa ser executado. Isto habilita a transição $aqv5breachfeman$, indicando que é necessário a aquisição da informação de que a chave seccionadora $35E4-8$ não está impossibilitada para manobrar. Esta informação é necessária, para que o comando de fechar a chave seccionadora possa ser executado, de modo confiável e seguro. A função lógica booleana de recomposição associada à transição $aqv5breachfeman$, z_2 , é do tipo:

$$z_2 = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5. \quad (8.7)$$

Onde:

y_1 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Não intertravada localmente para manobrar a chave seccionadora*" da chave seccionadora $35E4-8$;

y_2 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Não intertravada remotamente para manobrar pela SE*" da chave seccionadora $35E4-8$;

y_3 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Não impedida para manobrar*" da chave seccionadora $35E4-8$;

y_4 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Não intertravada para fechar*" da chave seccionadora $35E4-8$;

y_5 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Liberação diagnóstico de faltas para fechar*" da chave seccionadora $35E4-8$;

No entanto, se a chave seccionadora $emph35E4-8$ não estiver aberta, uma ficha é colocada no lugar $v5bfechok$, indicando que o comando de fechar a chave seccionadora, associada à ficha $ch(1)$, não precisa ser executado. Se as duas fichas, $ch(1)$ e $ch(2)$, estiverem neste lugar, a transição $v5bchfeprox$ estará habilitada. Quando esta transição disparar, uma ficha, $dj(1)$, é colocada no lugar $v5adjab$, indicando que um comando para abrir o disjuntor $15V9$ é preciso;

- Lugar $aux79$ \rightarrow de acordo com a informação de que a chave seccionadora $35E4-8$ não está impossibilitada para manobrar, há uma ficha $(c,true)$ neste lugar, se a chave seccionadora não estiver impossibilitada para manobrar, ou uma ficha $(c,false)$ neste lugar, se a chave seccionadora estiver impossibilitada para manobrar;
- Transição $aux40$ \rightarrow esta transição avalia as informações obtidas sobre a impossibilidade para manobrar a chave seccionadora $35E4-8$. Se a chave seccionadora $35E4-8$ não estiver impossibilitada para manobrar, uma ficha é colocada no lugar $aux86$, indicando que a informação associada à não alteração das condições avaliadas

ou avaliadas e manobradas para comandar a chave seccionadora $35E4-8$ para fechar deve ser obtida. Isto habilita a transição de substituição $ts_aqv5breachfenaltestcondman$, indicando que é necessária a aquisição da informação de que não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para se comandar a chave seccionadora $35E4-8$ para fechar. Mais informações sobre a funcionalidade desta transição de substituição são apresentadas posteriormente, quando da apresentação do modelo global, em RPCHs, para formular e resolver o problema de automatismo de recomposição de SE. Esta informação é necessária, para que se possa manobrar a chave seccionadora $35E4-8$, de modo confiável e seguro. No entanto, se a função lógica booleana de recomposição, que indica que a chave seccionadora $35E4-8$ está impossibilitada para manobrar, informa que a chave seccionadora $35E4-8$ está impossibilitada para manobrar, uma ficha é colocada no lugar $bloqautom$ e uma ficha é retirada do lugar $nbloqautom$, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE está bloqueada e comando algum pode ser realizado na SE, devido a critérios de confiabilidade e segurança considerados na solução proposta;

- Lugar $aux86$ → funcionalidade semelhante ao do lugar $aux78$, mas associado à aquisição da informação de não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para fechar a chave seccionadora $35E4-8$;
- Lugar $aux87$ → funcionalidade semelhante ao do lugar $aux79$, mas associado à aquisição da informação de não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para fechar a chave seccionadora $35E4-8$;
- Transição $aux44$ → funcionalidade semelhante à da transição $aux40$, mas associada à aquisição da informação de não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para fechar a chave seccionadora $35E4-8$;
- Lugar $aux90$ → funcionalidade semelhante ao do lugar $aux86$, indicando que todas as pré-condições necessárias para comandar o fechamento da chave seccionadora $35E4-8$ foram satisfeitas. Uma ficha neste lugar habilita a transição $v5bfech$;
- Transição $v5bfech$ → realiza o comando de fechar a chave seccionadora $35E4-8$;
- Lugar $v5bselfech$ → uma ficha neste lugar indica que, na chave seccionadora $35E4-8$, o comando de fechar a chave seccionadora foi selecionado;
- Transição $v5bfechok$ → aquisição da informação que o comando de fechar a chave seccionadora foi executado com sucesso. Quando o comando de fechar a chave seccionadora tem sucesso: uma ficha é retirada do lugar $v5bselfech$, indicando que, na

chave seccionadora *35E4-8*, o comando de fechar a chave seccionadora não está mais selecionado; uma ficha é colocada no lugar *v5bfechok*, indicando que o comando de fechar a chave seccionadora *35E4-8* obteve sucesso, habilitando o próximo passo no plano de recomposição, através da transição *v5bchfeprox* que, ao disparar, colocará uma ficha, *dj(1)*, no lugar *v5adjab*, indicando que o disjuntor *15V9* precisa ser aberto;

- Transição *v5bfechfal* \rightarrow aquisição da informação que o comando de fechar a chave seccionadora *35E4-8* falhou. Quando o comando de fechar a chave seccionadora *35E4-8* falha: uma ficha é retirada do lugar *v5bselfech*, indicando que, na chave seccionadora *35E4-8*, o comando de fechar não está mais selecionado; uma ficha é retirada do lugar *nbloqautom* e uma ficha é colocada no lugar *bloqautom*, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE está bloqueada. Este bloqueio é devido a critérios de confiabilidade e de segurança da aplicação, haja vista esta chave seccionadora ser "imprescindível" para o sucesso do plano de recomposição de SE e uma seqüência de manobras indevidas poder ocasionar danos severos ao sistema elétrico de potência.

Note que:

- Em sua condição inicial, o lugar *nbloqautom* tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;
- Em sua condição inicial, o lugar *bloqautom* não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Observe que os nomes dos lugares e das transições são distintos, visando a se ter, quando da necessidade de se realizar análise formal do modelo proposto, em RPCHs, por exemplo, através de espaços de estados, uma análise adequada e eficiente.

Note que com esta *página* - a do comando de fechar - associada à dinâmica da chave seccionadora *35E4-8*, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, tem-se a formulação, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Após a apresentação de um modelo, em RPCHs, de uma chave seccionadora típica de sistemas de transmissão de energia elétrica, o próximo passo é apresentar um modelo, em RPCHs, de um cdc típico, associado a um transformador de potência, de sistemas de transmissão de energia elétrica.

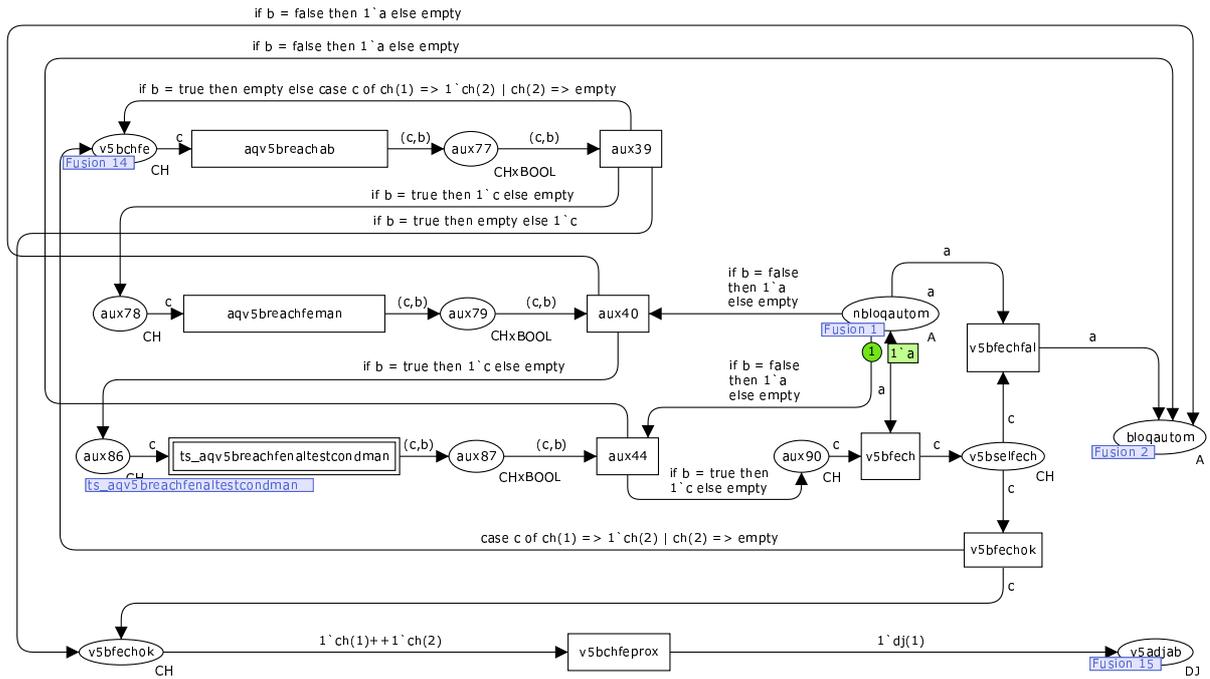


Figura 8.5: Página da Modelagem do Comando de Fechar da Chave Seccionadora 35E4-8 no Estado Inicial.

8.5.3 Modelo de um Computador de Derivação em Carga

É tomado como referência o cdc do ATR 05T1 da SE Sobral III.

A partir da lista de pontos da SE, todos os eventos (alarmes e comandos), que se relacionavam ao equipamento, foram selecionados.

Em seguida, foram estudados estes eventos e segregados em eventos que geram informações sobre o cdc e eventos de comandos.

Após esta separação, foi feita uma análise sobre todas as pré-condições necessárias para que os comandos relacionados ao cdc possam ser efetuados, em função da natureza dos eventos, e.g., intertravamento, impedimento, etc.

Esta análise resultou nas seguintes pré-condições e seus respectivos eventos associados, conforme listados a seguir.

- Não intertravado remotamente para manobrar pela SE: *Seleção N2*;
- Não intertravado localmente para o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c: *05T1 - Computador Unidade de Controle 1 em Local, 14T1 - Painel 4UA3A-1 Unidade de Controle 1 em Teste*;
- Não intertravado localmente para manobrar: *05T1 - Computador Modo de Operação em Local, 05T1 - Computador Unidade de Controle 1 em Local, 14T1 - Painel 4UA3A-1 Unidade de Controle 1 em Teste*;

- Intertravado para manobrar devido ao relé de bloqueio: *05T1 - Comutador Relé de Bloqueio 86C Atuado*;
- Em Manual: *05T1 - Comutador Seleção Comando em Manual*;
- Em Automático: *05T1 - Comutador Seleção Comando em Automático*;
- Não impedido para o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c: *Sistema Digital - Servidor 1 - Operando, Sistema Digital - Servidor 2 - Operando, Painel 4UA3A-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA3CZ-2 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA3CZ-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 4UA3A-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA3CZ-2 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA3CZ-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 4UA3A-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA3CZ-2 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA3CZ-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 4UA3A-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 4UA3A-1 - Falha Unidade de Controle 2*;
- Não impedido para selecionar o comando do comutador para em manual: *Sistema Digital - Servidor 1 - Operando, Sistema Digital - Servidor 2 - Operando, Painel 4UA3A-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA3CZ-2 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA3CZ-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 4UA3A-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA3CZ-2 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA3CZ-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 4UA3A-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA3CZ-2 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA3CZ-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 4UA3A-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 4UA3A-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 4UA3A-1 - Supervisor de Paralelismo Síncrono - Falha de Comunicação, Painel 4UA3A-1 - Falha Supervisor de Paralelismo Síncrono*;
- Não impedido para manobrar: *Sistema Digital - Servidor 1 - Operando, Sistema Digital - Servidor 2 - Operando, 05T1 - Comutador Bloquear Tap, 05T1 - Chaves (Ch.) de Transferências Discordância de Posição - Fase A, 05T1 - Ch. de Transferências Discordância de Posição - Fase B, 05T1 - Ch. de Transferências Discordância de Posição - Fase C, 05T1 - Comutador Parada de Emergência Atuado, 05T1 - MD do Motor Aberto, 05T1 - Comutador Falta de Sincronismo de Fases, 05T1 - Comutador Falta Tensão CA, Painel 4UA3A-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA3CZ-2 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA3CZ-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 4UA3A-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA3CZ-2 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA3CZ-1 - Unidade de Controle 1*

- Falha de Comunicação, Painel 4UA3A-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA3CZ-2 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA3CZ-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 4UA3A-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 4UA3A-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 4UA3A-1 - Supervisor de Paralelismo Síncrono - Falha de Comunicação, Painel 4UA3A-1 - Falha Supervisor de Paralelismo Síncrono;
- Não impedido para selecionar o comando do comutador para em automático: Sistema Digital - Servidor 1 - Operando, Sistema Digital - Servidor 2 - Operando, 05T1 - Comutador Bloquear Tap, 05T1 - Ch. de Transferências Discordância de Posição - Fase A, 05T1 - Ch. de Transferências Discordância de Posição - Fase B, 05T1 - Ch. de Transferências Discordância de Posição - Fase C, 05T1 - Comutador Parada de Emergência Atuado, 05T1 - MD do Motor Aberto, 05T1 - Comutador Falta de Sincronismo de Fases, 05T1 - Comutador Falta Tensão CA, Painel 4UA3A-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA3CZ-2 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 5UA3CZ-1 - Falta Tensão 125 VCC, Painel 4UA3A-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA3CZ-2 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA3CZ-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 4UA3A-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA3CZ-2 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA3CZ-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 4UA3A-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 4UA3A-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 4UA3A-1 - Supervisor de Paralelismo Síncrono - Falha de Comunicação, Painel 4UA3A-1 - Falha Supervisor de Paralelismo Síncrono, Painel 4UA3A-1 - Falha Regulador de Tensão.

Com o intuito de se ter corretude e de generalização da solução proposta, a pré-condição "*Não intertravado para manobrar*" e o ponto "*Posição do tap*" foram acrescentados ao modelo, em RPCHs, do cdc. Esta pré-condição e este ponto, conjuntamente, com seus respectivos eventos associados são descritos a seguir.

- Não intertravado para manobrar: 05T1 - Comutador Intertravamento Ativo;
- Posição do tap: 05T1 - Comutador Posição do Tap Fase B.

Na modelagem em RPCHs, cada pré-condição do cdc é modelada por um *lugar* que representa uma pré-condição específica do cdc. A presença de uma *ficha* em cada um destes *lugares*, que indica que a pré-condição estabelecida por este *lugar* é satisfeita, é função dos respectivos eventos associados às pré-condições, ou seja, é uma função lógica

booleana de recomposição que é ativada quando qualquer evento associado a uma determinada pré-condição ocorre. A ativação de uma função lógica booleana de recomposição significa que uma ficha está presente no respectivo lugar associado a esta pré-condição.

A funcionalidade destas funções lógicas booleanas de recomposição é semelhante ao funcionamento das funções lógicas booleanas de recomposição, explicadas anteriormente na modelagem, em RPCHs, da dinâmica do disjuntor de potência.

Complementação do Modelo de um Comutador de Derivação em Carga

Alguns eventos associados a execuções de comandos remotos, ao "*status*" da aplicação, a condições sistêmicas e à generalização da solução proposta são importantes, não só para complementar a modelagem do equipamento, como também, visando à confiabilidade e à segurança da aplicação de recomposição de SE. Caso haja uma falha de comando remoto, devem ser gerados alarmes não só da não execução do respectivo comando, bem como o de bloqueio do automatismo de recomposição da SE, haja vista o comando ser "imprescindível" para a recomposição da SE. Se o comando remoto for executado com sucesso, o evento de sucesso associado ao respectivo comando também deve ser gerado. Assim, têm-se também os seguintes eventos, conforme listados a seguir.

- Comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86c - falha;
- Comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86c - sucesso;
- Comando de selecionar o modo do comando do cdc para manual - falha;
- Comando de selecionar o modo do comando do cdc para manual - sucesso;
- Comando de diminuir tap - falha;
- Comando de diminuir tap - sucesso;
- Comando de selecionar o modo do comando do cdc para automático - falha;
- Comando de selecionar o modo do comando do cdc para automático - sucesso;
- Selecionado o modo do comando do cdc para manual;
- Selecionado o comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86c;
- Selecionado o comando de diminuir tap;
- Selecionado o modo do comando do cdc para automático;
- Não tem restrição sistêmica para selecionar o comando do cdc para automático;

- Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas;
- Liberação diagnóstico de faltas para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86c;
- Liberação diagnóstico de faltas para selecionar o comando do cdc para manual;
- Liberação diagnóstico de faltas para diminuir o tap do cdc;
- Liberação diagnóstico de faltas para selecionar o comando do cdc para automático;
- Bloqueio do automatismo de recomposição da SE;
- Não bloqueio do automatismo de recomposição da SE.

Note que:

- O evento "*Não tem restrição sistêmica para selecionar o comando do cdc para automático*" está associado a condições sistêmicas necessárias para que determinados equipamentos possam ser manobrados, como, por exemplo, a pré-condição "observar se a tensão na barra de 230 kV é menor que ou igual a 253 kV e maior que 30 kV" que é função das seguintes supervisões: $253 \text{ kV} \leq \text{Tensão do TP da Barra de } 230 \text{ kV} > 30 \text{ kV}$ e MD do TP da Barra de 230 kV Atuado. A funcionalidade deste evento é semelhante a das funções lógicas booleanas de recomposição associadas às pré-condições necessárias para se realizar determinadas manobras no disjuntor, explicada anteriormente;
- O evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*" é função de quais etapas de avaliações "imprescindíveis" para o sucesso do plano de recomposição de SE já tenham sido realizadas até a etapa associada à respectiva avaliação que se deseja obter a informação de que não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas. Esta funcionalidade é semelhante a das funções lógicas booleanas de recomposição associadas às pré-condições necessárias para se realizar determinadas manobras na chave seccionadora, explicada anteriormente;
- O evento "*Liberação diagnóstico de faltas para comandar o 'reset' do relé de bloqueio 86c*" está associado a uma informação proveniente de um "*sistema de diagnóstico de faltas*". Este evento se faz necessário devido à generalização da solução proposta para automatizar o procedimento de recomposição de SE. Nesta solução generalista, o sistema de auxílio à recomposição de SE interagiria com um "*sistema de diagnóstico de faltas*" que informaria a ferramenta de automatizar o procedimento de recomposição de SE, de acordo com o diagnóstico de faltas eficiente, os

equipamentos que podem e os que não podem ser manobrados. Com esta informação e com base nos procedimentos do normativo operacional de recomposição, o sistema de auxílio à recomposição de SE recomporia a SE de modo adequado e eficiente;

- O evento "*Liberção diagnóstico de faltas para selecionar o comando do cdc para manual*" tem funcionalidade semelhante a do evento "*Liberção diagnóstico de faltas para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86c*", mas relacionado ao comando de selecionar o modo do comando do cdc para manual, ao invés do comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86c, associado ao cdc;
- O evento "*Liberção diagnóstico de faltas para diminuir o tap do cdc*" tem funcionalidade semelhante a do evento "*Liberção diagnóstico de faltas para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86c*", mas relacionado ao comando de diminuir o tap do cdc, ao invés do comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86c, associado ao cdc;
- O evento "*Liberção diagnóstico de faltas para selecionar o comando do cdc para automático*" tem funcionalidade semelhante a do evento "*Liberção diagnóstico de faltas para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86c*", mas relacionado ao comando de selecionar o modo do comando do cdc para automático, ao invés do comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86c, associado ao cdc.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações*, associadas a estes eventos listados, estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Os comandos importantes à dinâmica do cdc e seus respectivos eventos associados são mostrados a seguir.

- Comando para selecionar o modo do comando do cdc para manual: *05T1 - Comutador Seleção Comando Manual*;
- Comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86c: *05T1 - Comutador Reset Relé 86C*;
- Comando para diminuir o tap: *05T1 - Comutador Diminuir Tap*;
- Comando para selecionar o modo do comando do cdc para automático: *05T1 - Comutador Seleção Comando Automático*.

Na modelagem em RPCHs, cada comando associado ao cdc é representado por uma *transição*. Para que uma determinada *transição* esteja habilitada, são necessárias que todas as pré-condições representadas pelos seus respectivos "*lugares de entrada*" estejam ativadas. Sendo assim, possível executar tais comandos.

Com estas informações, pode-se modelar a dinâmica de estados do cdc em RPCHs.

Considerações Parciais sobre o Modelo de um Comutador de Derivação em Carga

Observe que o modelo da dinâmica de estados de um cdc, independentemente, de que nível de tensão este cdc seja, é estruturalmente semelhante, podendo ter apenas algumas variações nos eventos associados a uma determinada pré-condição.

A modelagem do cdc, em RPCHs, foi realizada no CPN Tools.

Tome como referência, para exemplificar a modelagem de um cdc, em RPCHs, no CPN Tools, o cdc do vão 5C, associado ao ATR *05T1*.

A modelagem, em RPCHs, de um cdc, para fins de recomposição automática de SE, foi composta de quatro *páginas*. Cada *página* deste modelo está relacionada a uma manobra do cdc associada ao plano de recomposição, ou seja, o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c, o comando para selecionar o modo de comando do cdc para manual, o comando para diminuir o tap e o comando para selecionar o modo de comando do cdc para automático.

Modelo do Comando de "Reset" do Relé de Bloqueio 86c de um Comutador de Derivação em Carga

Na Figura 8.6, tem-se a *página*, que modela, em RPCHs, no CPN Tools, o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1*. Observe que os lugares das RPCHs estão associados às pré-condições necessárias para se manobrar o equipamento, ao "status" do cdc e ao "status" da aplicação de recomposição de SE; as transições representam aquisições de informações do sistema supervisor e/ou de um *sistema de diagnóstico de faltas*, decisões de disposição de fichas, ordem de comando e alarmes associados à não-execução destes comandos do cdc. Uma ficha em um lugar representa que esta condição associada ao lugar é satisfeita.

Note que associados a alguns lugares e transições, há mnemônicos que indicam o que cada lugar e transição representam: o lugar *v5c86cres*, por exemplo, indica que, no vão 5C, no relé de bloqueio 86c, associado ao cdc deste vão, deve ser comandado o seu "reset"; a transição *v5cres86c*, por exemplo, indica, no vão 5C, no relé de bloqueio 86c, associado ao cdc deste vão, comandar o "reset".

Análises semelhantes podem ser realizadas nos demais lugares e transições, para se obter o significado dos demais mnemônicos associados a estes.

Para que o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc ocorra, a seguinte dinâmica é necessária:

- Lugar *v5c86cres* → uma ficha neste lugar indica que um comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* é preciso;

- Transição *aqv5ccdc86cnok* \rightarrow quando há uma ficha no lugar *v5c86cres*, esta transição está habilitada, indicando que é necessário a aquisição da informação do "status" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1*. Se este relé de bloqueio estiver "atuado", é retornada uma informação "true". Caso contrário, uma informação "false" é retornada;
- Lugar *aux11* \rightarrow de acordo com a informação do "staus" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1*, há uma ficha (*a,true*) neste lugar, se o relé de bloqueio 86c está "atuado" ou uma ficha (*a,false*) neste lugar, se o relé de bloqueio 86c não está "atuado";
- Transição *aux6* \rightarrow esta transição avalia as informações obtidas sobre o "status" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1*. Se o relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* estiver "atuado", uma ficha é colocada no lugar *aux12*, indicando que precisa ser comandado o "reset" neste relé de bloqueio. Isto habilita a transição *aqv5ccdc86cresman*, indicando que é necessária a aquisição da informação de que o relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* não está impossibilitado para comandar o seu "reset". Esta informação é necessária, para que se possa comandar o "reset" do relé de bloqueio, de modo confiável e seguro. A função lógica booleana de recomposição associada à transição *aqv5ccdc86cresman*, z_2 , é do tipo:

$$z_2 = y_1 + y_2 + y_3 + y_4. \quad (8.8)$$

Onde:

y_1 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não impedido para o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c" do cdc do ATR *05T1*;

y_2 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não intertravado localmente para o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c" do cdc do ATR *05T1*;

y_3 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não intertravado remotamente para manobrar pela SE" do cdc do ATR *05T1*;

y_4 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Liberação diagnóstico de faltas para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86c" do cdc do ATR *05T1*;

No entanto, se o relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* não estiver "atuado", uma ficha é colocada no lugar *v5c86cresok*, indicando que não precisa ser comandado o "reset" neste relé de bloqueio. Isto habilita a transição *v5c86cresprox*, que colocará uma ficha *ch(1)* no lugar *v5achfe*, indicando que um comando de fechar, inicialmente, a chave seccionadora *35E2-8*, associada ao reator *05E2* do vão 5A, é preciso. A ficha

ch(1) está associada à chave seccionadora *35E2-8* e a ficha *ch(2)* está associada à chave seccionadora *35E1-8*;

- Lugar *aux12* → uma ficha neste lugar habilita a transição *aqv5ccdc86cresman*, indicando que é necessário a aquisição da informação de que o relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* não está impossibilitado para comandar o seu "*reset*". Se este relé de bloqueio não estiver impossibilitado, é retornada uma informação "*true*". Caso contrário, uma informação "*false*" é retornada;
- Lugar *aux13* → de acordo com a informação de que o relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* está impossibilitado para comandar o seu "*reset*", há uma ficha (*a,true*) neste lugar, se o relé de bloqueio 86c não está impossibilitado ou uma ficha (*a,false*) neste lugar, se o relé de bloqueio 86c está impossibilitado;
- Transição *aux7* → esta transição avalia as informações obtidas sobre a impossibilidade do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* para comandar o seu "*reset*". Se o relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* não estiver impossibilitado, uma ficha é colocada no lugar *aux18*, indicando que a informação associada à não alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para que se possa realizar o comando de "*reset*" do relé de bloqueio deve ser obtida. Isto habilita a transição de substituição *ts_aqv5ccdc86cresnaltestcondman*, indicando que é necessária a aquisição da informação de que não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para para se comandar o "*reset*" do relé de bloqueio. Esta informação é necessária, para que se possa comandar o "*reset*" do relé de bloqueio, de modo confiável e seguro. No entanto, se a função lógica booleana de recomposição, que indica que o relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* está impossibilitado para comandar o seu "*reset*", informa que o relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* está impossibilitado para comandar o seu "*reset*", uma ficha é colocada no lugar *bloqautom* e uma ficha é retirada do lugar *nbloqautom*, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE está bloqueada e comando algum pode ser realizado na SE, devido a critérios de confiabilidade e segurança considerados na solução proposta;
- Lugar *aux18* → funcionalidade semelhante ao do lugar *aux12*, mas associado à aquisição da informação de não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar o "*reset*" do relé de bloqueio;
- Lugar *aux19* → funcionalidade semelhante ao do lugar *aux13*, mas associado à aquisição da informação de não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar o "*reset*" do relé de bloqueio;

- Transição *aux10* → funcionalidade semelhante à da transição *aux7*, mas associada à aquisição da informação de não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar o "reset" do relé de bloqueio;
- Lugar *aux22* → funcionalidade semelhante ao do lugar *aux18*, indicando que todas as pré-condições necessárias para comandar o "reset" do relé de bloqueio do cdc do ATR *05T1* foram satisfeitas. Uma ficha neste lugar habilita a transição *v5cres86c*;
- Transição *v5cres86c* → realiza o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1*;
- Lugar *v5cselres86c* → uma ficha neste lugar indica que, no relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1*, o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c foi selecionado;
- Transição *v5cres86cok* → aquisição da informação que o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c foi executado com sucesso. Quando o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c tem sucesso: uma ficha é retirada do lugar *v5cselres86c*, indicando que, no relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1*, o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c não está mais selecionado; uma ficha é colocada no lugar *v5c86cresok*, indicando que o comando de "reset" do relé de bloqueio do cdc do ATR *05T1* obteve sucesso, habilitando o próximo passo no plano de recomposição, através da transição *v5c86cresprox* que, ao disparar, colocará uma ficha *ch(1)* no lugar *v5achfe*, indicando que a chave seccionadora do vão 5A *35E2-8* precisa de um comando de fechar;
- Transição *v5cres86cfal* → aquisição da informação que o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c falhou. Quando o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c falha: uma ficha é retirada do lugar *v5cselres86c*, indicando que, no relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1*, o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c não está mais selecionado; uma ficha é retirada do lugar *nbloqautom* e uma ficha é colocada no lugar *bloqautom*, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE está bloqueada. Este bloqueio é devido a critérios de confiabilidade e de segurança da aplicação, haja vista este cdc ser "imprescindível" para o sucesso do plano de recomposição de SE e uma seqüência de manobras indevidas poder ocasionar danos severos ao sistema elétrico de potência.

Note que:

- Em sua condição inicial, o lugar *nbloqautom* tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;

- Em sua condição inicial, o lugar *bloqautom* não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Observe que os nomes dos lugares e das transições são distintos, visando a se ter, quando da necessidade de se realizar análise formal do modelo proposto, em RPCHs, por exemplo, através de espaços de estados, uma análise adequada e eficiente.

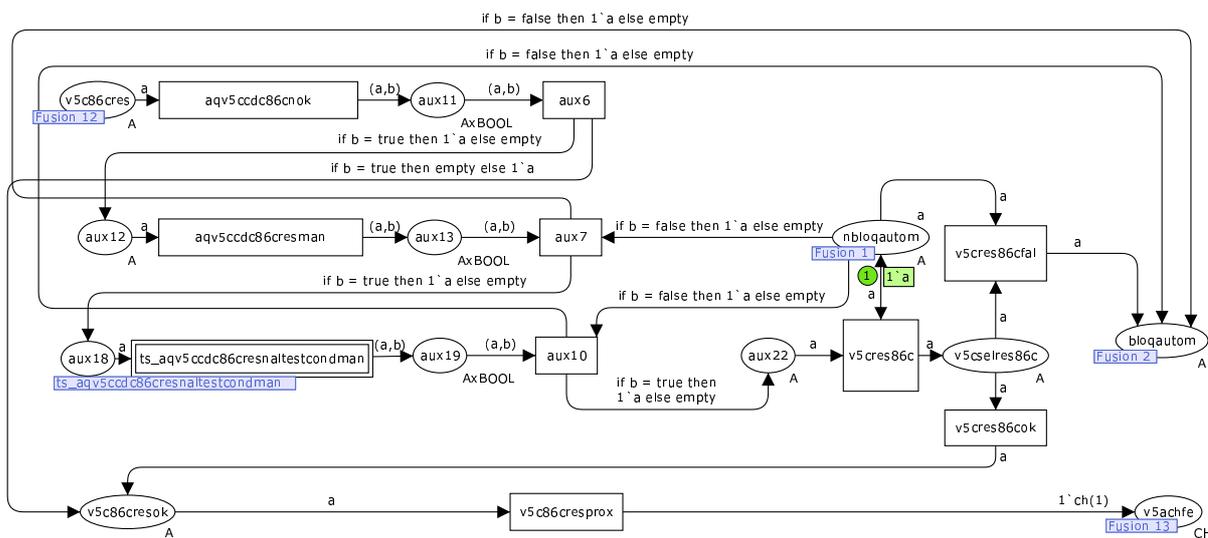


Figura 8.6: Página da Modelagem do Comando de "Reset" do Relé de Bloqueio 86c do Comutador de Derivação em Carga do Autotransformador 05T1 no Estado Inicial.

Modelo do Comando de Selecionar o Comando de um Comutador de Derivação em Carga para Manual

Na Figura 8.7, tem-se a página, que modela, em RPCHs, no CPN Tools, o comando de selecionar o comando do cdc do ATR 05T1 para manual. Observe que, semelhantemente, à página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR 05T1: os lugares das RPCHs estão associados às pré-condições necessárias para se manobrar o equipamento, ao "status" do cdc e ao "status" da aplicação de recomposição de SE; as transições representam aquisições de informações do sistema supervisor e/ou de um sistema de diagnóstico de faltas, decisões de disposição de fichas, ordem de comando e alarmes associados à não-execução destes comandos do cdc.

Note que:

- O lugar *v5ccdcselcmdman* → indica que o comando do cdc do vão 5C, associado ao ATR 05T1, deve ser selecionado para comando manual;
- A transição *aqv5ccdcselcmdautom* → aquisição da informação que o comando do cdc, associado ao ATR 05T1, está selecionado para comando automático;

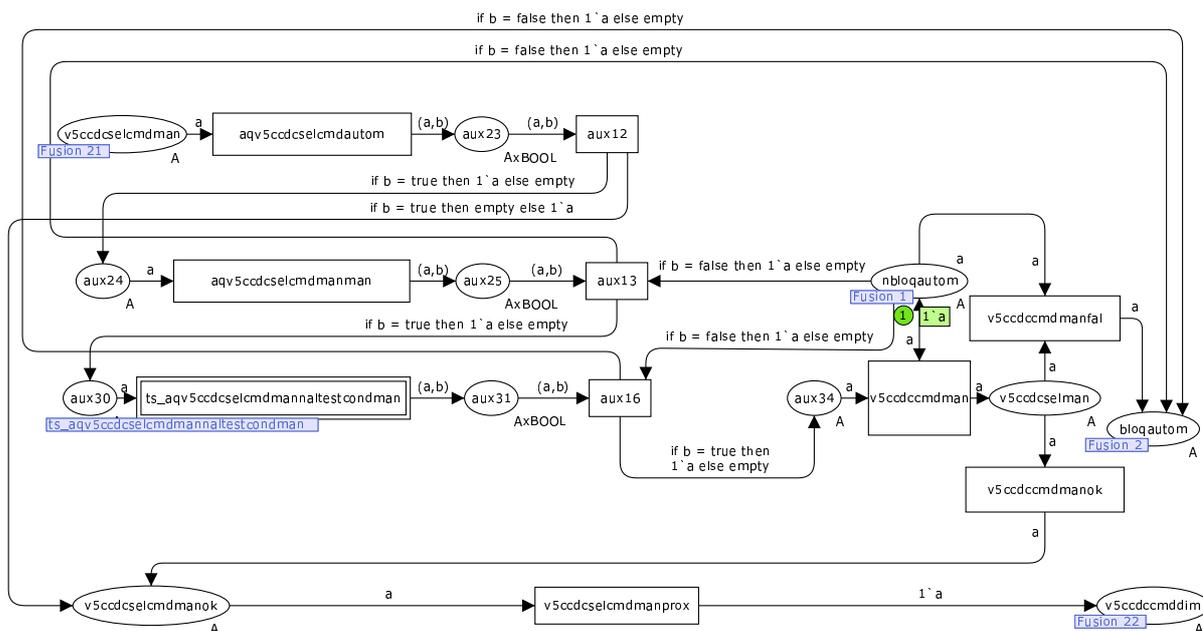


Figura 8.7: Página da Modelagem do Comando de Selecionar o Comando do Computador de Derivação em Carga do Autotransformador 05T1 para Manual no Estado Inicial.

- A transição $aqv5ccdcselecmdmanman \rightarrow$ aquisição da informação que o cdc do ATR 05T1 não está impossibilitado para comandar a seleção do modo do comando do cdc para manual. A função lógica booleana de recomposição associada à transição $aqv5ccdcselecmdmanman$, z_2 , é do tipo:

$$z_2 = y_1 + y_2 + y_3 + y_4. \tag{8.9}$$

Onde:

y_1 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Não impedido para selecionar o comando do computador para em manual*" do cdc do ATR 05T1;

y_2 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Não intertravado localmente para manobrar*" do cdc do ATR 05T1;

y_3 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Não intertravado remotamente para manobrar pela SE*" do cdc do ATR 05T1;

y_4 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Liberção diagnóstico de faltas para selecionar o comando do cdc para manual*" do cdc do ATR 05T1;

- A transição de substituição $ts_aqv5ccdcselecmdmannaltestcondman \rightarrow$ aquisição da informação que não houve alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para selecionar o comando do cdc do ATR 05T1 para manual.

Mais informações sobre a funcionalidade desta transição de substituição são apresentadas posteriormente, quando da apresentação do modelo global, em RPCHs, para formular e resolver o problema de automatismo de recomposição de SE;

- A transição *v5ccdcmdman* → indica comandar a seleção do comando do cdc do ATR *05T1* para manual;
- O lugar *v5ccdcselman* → indica que o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* foi selecionado para manual;
- A transição *v5ccdcmdmanfal* → aquisição da informação que o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para manual falhou;
- A transição *v5ccdcmdmanok* → aquisição da informação que o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para manual foi executado com sucesso;
- O lugar *v5ccdcselcmdmanok* → indica que o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para manual foi executado com sucesso;
- A transição *v5ccdcselcmdmanprox* → de acordo com o normativo operacional de recomposição de SE, indica a próxima manobra que deve ser executada, após o comando de seleção do comando do cdc do ATR *05T1* para manual com sucesso, através da retirada de uma ficha do lugar *v5ccdcselcmdmanok* e a colocação de uma outra ficha no lugar *v5ccdcddim*;
- O lugar *v5ccdcddim* → indica a próxima manobra que deve ser executada, após o comando de seleção do comando do cdc do ATR *05T1* para manual com sucesso, que é diminuir o tap do cdc do ATR *05T1* para operar na faixa ≤ 16 ;
- Os lugares *nbloqautom* e *bloqautom* têm, nesta página, a mesma função que têm na página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1*.

Análise semelhante a que foi realizada para a página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* pode ser realizada para a página que modela o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para manual, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Modelo do Comando de Diminuir a Relação de Transformação de um Comutador de Derivação em Carga

Na Figura 8.8, tem-se a página, que modela, em RPCHs, no CPN Tools, o comando de diminuir o tap do cdc do ATR *05T1*. Observe que, semelhantemente, à página que modela

o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR 05T1: os lugares das RPCCHs estão associados às pré-condições necessárias para se manobrar o equipamento, ao "status" do cdc e ao "status" da aplicação de recomposição de SE; as transições representam aquisições de informações do sistema supervisor e/ou de um *sistema de diagnóstico de faltas*, decisões de disposição de fichas, ordem de comando e alarmes associados à não-execução destes comandos do cdc.

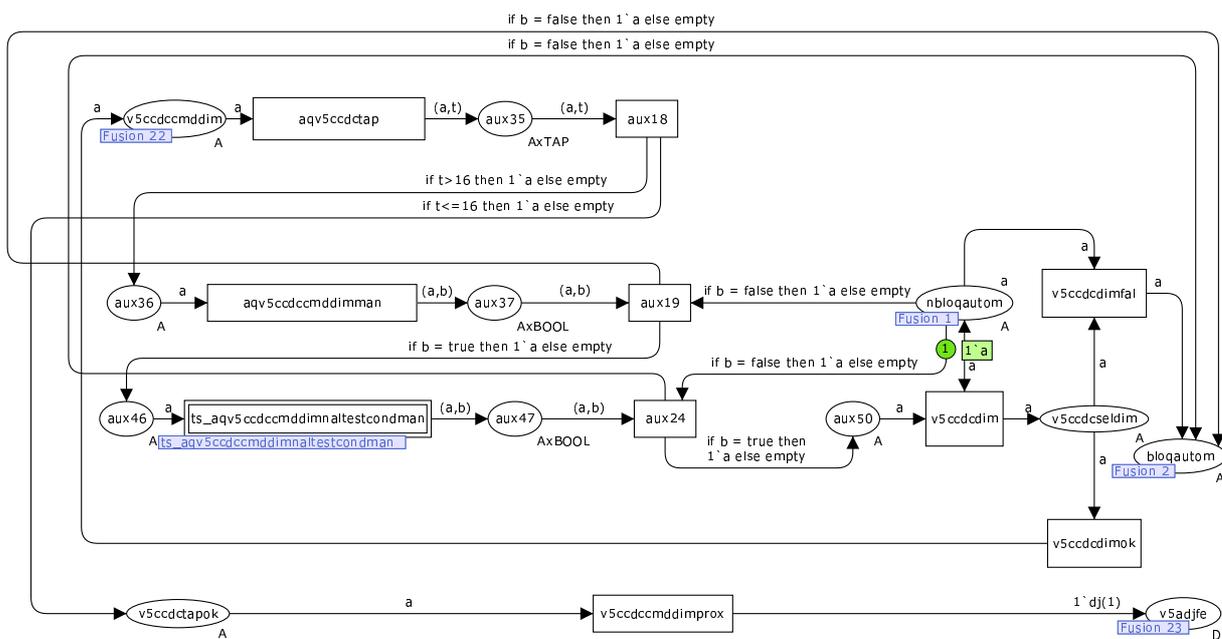


Figura 8.8: Página da Modelagem do Comando de Diminuir o Tap do Computador de Derivação em Carga do Autotransformador 05T1 no Estado Inicial.

Note que:

- O lugar $v5ccdcmdim$ → indica que o tap do cdc do vão 5C, associado ao ATR 05T1, deve ser diminuído para operar na faixa ≤ 16 ;
- A transição $aqv5ccdcctap$ → aquisição da informação do valor do tap do cdc do ATR 05T1;
- A transição $aqv5ccdcctapman$ → aquisição da informação que o que o tap do cdc do ATR 05T1 do cdc do ATR 05T1 não está impossibilitado para manobrar. A função lógica booleana de recomposição associada à transição $aqv5ccdcctapman$, z_2 , é do tipo:

$$z_2 = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6. \tag{8.10}$$

Onde:

y_1 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Não intertravado localmente para manobrar*" do cdc do ATR 05T1;

y_2 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Não intertravado remotamente para manobrar pela SE*" do cdc do ATR 05T1;

y_3 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Intertravado para manobrar devido ao relé de bloqueio*" do cdc do ATR 05T1;

y_4 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Não impedido para manobrar*" do cdc do ATR 05T1;

y_5 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Em Manual*" do cdc do ATR 05T1;

y_6 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Liberação diagnóstico de faltas para diminuir o tap do cdc*" do cdc do ATR 05T1;

- A transição A transição de substituição $ts_aqv5ccdcddimnaltestcondman \rightarrow$ aquisição da informação que não houve alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para diminuir o tap do cdc do ATR 05T1. Mais informações sobre a funcionalidade desta transição de substituição são apresentadas posteriormente, quando da apresentação do modelo global, em RPCHs, para formular e resolver o problema de automatismo de recomposição de SE;
- A transição $v5ccdcdim \rightarrow$ indica comandar o tap do cdc do ATR 05T1 para diminuir;
- O lugar $v5ccdcseldim \rightarrow$ indica que o tap do cdc do ATR 05T1 foi selecionado para diminuir;
- A transição $v5ccdcdimfal \rightarrow$ aquisição da informação que o comando de diminuir o tap do cdc do ATR 05T1 falhou;
- A transição $v5ccdcdimok \rightarrow$ aquisição da informação que o comando de diminuir o tap do cdc do ATR 05T1 foi executado com sucesso;
- O lugar $v5ccdcctapok \rightarrow$ indica que o tap do cdc do ATR 05T1 está na faixa ≤ 16 ;
- A transição $v5ccdcddimprox \rightarrow$ de acordo com o normativo operacional de recomposição de SE, indica a próxima manobra que deve ser executada, após o tap do cdc do ATR 05T1 estar na faixa ≤ 16 , através da retirada de uma ficha do lugar $v5ccdcctapok$ e a colocação de uma ficha $dj(1)$ no lugar $v5adjfe$. A ficha $dj(1)$ corresponde ao disjuntor do vão 5A 15V9, a ficha $dj(2)$ corresponde ao disjuntor do vão 5A 15D1 e a ficha $dj(3)$ corresponde ao disjuntor do vão 5A 15V7;

- O lugar $v5adjfe \rightarrow$ indica a próxima manobra que deve ser executada, após o tap do cdc do ATR $05T1$ estar na faixa ≤ 16 , que é fechar o disjuntor do vão 5C, $15V9$;
- Os lugares $nbloqautom$ e $bloqautom$ têm, nesta página, a mesma função que têm na página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR $05T1$.

Análise semelhante a que foi realizada para a página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR $05T1$ pode ser realizada para a página que modela o comando de diminuir o tap do cdc do ATR $05T1$, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Modelo do Comando de Selecionar o Comando de um Comutador de Derivação em Carga para Automático

Na Figura 8.9, tem-se a página, que modela, em RPCHs, no CPN Tools, o comando de selecionar o comando do cdc do ATR $05T1$ para automático. Observe que, semelhantemente, à página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR $05T1$: os lugares das RPCHs estão associados às pré-condições necessárias para se manobrar o equipamento, ao "status" do cdc e ao "status" da aplicação de recomposição de SE; as transições representam aquisições de informações do sistema supervisor e/ou de um sistema de diagnóstico de faltas, decisões de disposição de fichas, ordem de comando e alarmes associados à não-execução destes comandos do cdc.

Note que:

- O lugar $v5ccdcselcmdautom$ \rightarrow indica que o comando do cdc do vão 5C, associado ao ATR $05T1$, deve ser selecionado para comando automático;
- A transição $aqv5ccdcselcmdman$ \rightarrow aquisição da informação que o comando do cdc, associado ao ATR $05T1$, está selecionado para comando manual;
- A transição $aqv5ccdcselcmdautomman$ \rightarrow aquisição da informação que o cdc do ATR $05T1$ não está impossibilitado para selecionar o comando para automático. A função lógica booleana de recomposição associada à transição $aqv5ccdcselcmdautomman$, z_2 , é do tipo:

$$z_2 = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5. \quad (8.11)$$

Onde:

y_1 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não impedido para selecionar o comando do comutador para em automático" do cdc do ATR $05T1$;

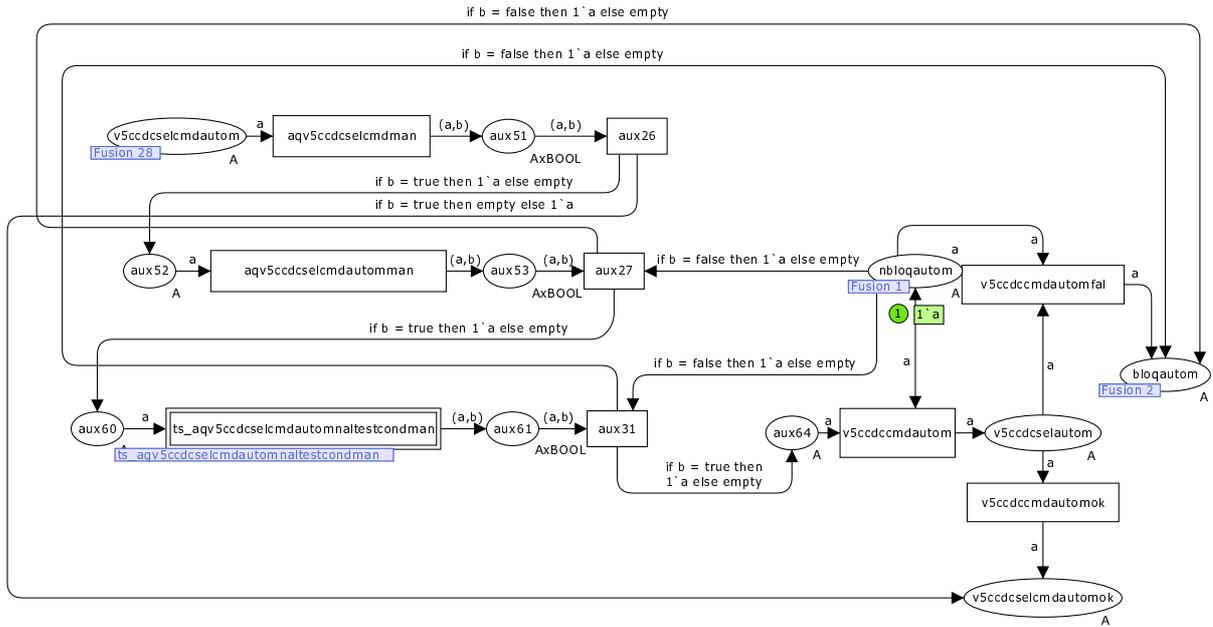


Figura 8.9: Página da Modelagem do Comando de Selecionar o Comando do Computador de Derivação em Carga do Autotransformador 05T1 para Automático no Estado Inicial.

y_2 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não intertravado localmente para manobrar" do cdc do ATR 05T1;

y_3 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não intertravado remotamente para manobrar pela SE" do cdc do ATR 05T1;

y_4 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Não tem restrição sistêmica para selecionar o comando do cdc para automático" do cdc do ATR 05T1. O evento "Não tem restrição sistêmica para selecionar o comando para automático" está associado a condições sistêmicas necessárias para que determinados equipamentos possam ser manobrados, como, por exemplo, a pré-condição "observar se a tensão na barra de 230 kV está na faixa operacional" que é função das seguintes supervisões: $30 \text{ kV} < \text{Tensão do TP da Barra de 230 kV} \leq 253 \text{ kV}$ e MD do TP da Barra de 230 kV Atuado. Esta funcionalidade é semelhante a das funções lógicas booleanas de recomposição associadas às pré-condições necessárias para se realizar determinadas manobras no disjuntor, explicada anteriormente;

y_5 é a função lógica booleana associada à pré-condição "Liberação diagnóstico de faltas para selecionar o comando do cdc para automático" do cdc do ATR 05T1;

- A transição de substituição $ts_aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondman \rightarrow$ aquisição da informação que não houve alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para selecionar o comando do cdc do ATR 05T1 para automático. Mais informações sobre a funcionalidade desta transição de substituição são apre-

sentadas posteriormente, quando da apresentação do modelo global, em RPCHs, para formular e resolver o problema de automatismo de recomposição de SE;

- A transição *v5ccdccmdautom* → indica comandar a seleção do comando do cdc do ATR *05T1* para automático;
- O lugar *v5ccdcselautom* → indica que o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* foi selecionado para automático;
- A transição *v5ccdccmdautomfal* → aquisição da informação que o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para automático falhou;
- A transição *v5ccdccmdautomok* → aquisição da informação que o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para automático foi executado com sucesso;
- O lugar *v5ccdcselcmdautomok* → indica que o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para automático foi executado com sucesso. Após este comando, observe que não há mais manobras necessárias de serem executadas, pelo automatismo de recomposição, com o objetivo de se recompor a SE com sucesso, visto que esta manobra, a de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para automático, é a última. Após a execução desta manobra com sucesso, o automatismo de recomposição de SE terá realizado a sua função de recompor a SE, de modo automático, com sucesso;
- Os lugares *nbloqautom* e *bloqautom* têm, nesta página, a mesma função que têm na página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1*.

Análise semelhante a que foi realizada para a página que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* pode ser realizada para a página que modela o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para automático, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Observe que com estas quatro páginas - a do comando de "reset" do relé de bloqueio 86c, a do comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para manual, a do comando de diminuir tap do cdc do ATR *05T1* e a do comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para automático - associadas à dinâmica do cdc do ATR *05T1*, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, tem-se a formulação, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Após a apresentação de um modelo, em RPCHs, de um cdc típico, associado a um transformador de potência, de sistemas de transmissão de energia elétrica, o próximo

passo é apresentar um modelo, em RPDs, do estado de uma SE típica de sistemas de transmissão de energia elétrica.

8.5.4 Modelo do Estado de uma Subestação

É tomada como referência a SE Sobral III.

A partir da lista de pontos da SE, todos os pontos (medições e alarmes), que se relacionavam à SE, foram selecionados.

Em seguida, foram estudados estes pontos e segregados em pontos que geram informações sobre o estado da SE, associadas às medições da SE e pontos de alarmes, associados a estas informações sobre as medições da SE.

Após esta separação, foi feita uma análise sobre todas as pré-condições necessárias para que se possa identificar o estado da SE como desenergizada, em função da natureza dos pontos, e.g., impedimento e desligamento geral.

Esta análise resultou nas seguintes pré-condições e seus respectivos pontos associados, conforme listados a seguir.

- Não impedida para iniciar a recomposição da SE: *Sistema Digital - Servidor 1 - Operando, Sistema Digital - Servidor 2 - Operando, Painel 5UA8 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA8 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 4UA8 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 4UA8 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BZ-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BZ-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 5UA1BZ-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BX-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1BX-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BX-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 5UA1BX-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1AZ-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1AZ-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1AZ-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 5UA1AZ-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1AX-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1AX-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1AX-1 - Falha Unidade de Controle 2, Painel 5UA1AX-1 - Unidade de Controle 2 - Falha de Comunicação, Painel 5UA3CZ-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA3CZ-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 4UA3A-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 4UA3A-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 4UA2B-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 4UA2B-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 4UA2D-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 4UA2D-1 -*

Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BZ-3 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1BZ-3 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BY-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1BY-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1BX-3 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1BX-3 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1AZ-3 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1AZ-3 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1AY-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1AY-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1CZ-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1CZ-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação, Painel 5UA1CY-1 - Falha Unidade de Controle 1, Painel 5UA1CY-1 - Unidade de Controle 1 - Falha de Comunicação;

- Desligamento geral da SE: KV05B1 - Fase B ≤ 30 kV, 05B1 - MD do TP de Barra Atuado, KV05B2 - Fase B ≤ 30 kV, 05B2 - MD do TP de Barra Atuado, KV04B1 - Fase B ≤ 30 kV, 04B1 - MD do TP de Barra Atuado, KV04B2 - Fase B ≤ 30 kV, 04B2 - MD do TP de Barra Atuado, LT05V6 - Tensão Fase BC (KV) ≤ 30 kV, 05V6 - MD do TP de Sincronismo Atuado, LT05V8 - Tensão Fase BC (KV) ≤ 30 kV, 05V8 - MD do TP de Sincronismo Atuado, LT05V7 - Tensão Fase BC (KV) ≤ 30 kV, 05V7 - MD do TP de Sincronismo Atuado, LT05V9 - Tensão Fase BC (KV) ≤ 30 kV, 05V9 - MD do TP de Sincronismo Atuado, 05T1 - Tensão Fase BC (Lado 500 kV) ≤ 30 kV, 05T1 - MD do TP de Sincronismo (Lado 500 kV) Atuado, 05T1 - Tensão Fase BC (Lado 230 kV) ≤ 30 kV, 05T1 - MD do TP de Sincronismo (Lado 230 kV) Atuado, 04L2 - Tensão Fase BC (KV) ≤ 30 kV, 04L2 - MD do TP de Sincronismo Atuado, 04L3 - Tensão Fase BC (KV) ≤ 30 kV, 04L3 - MD do TP de Sincronismo Atuado, Reator 05E4 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, LT05V6 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, 95D2-2 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, 95D2-1 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, LT05V8 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, Reator 05E3 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, Reator 05E2 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, LT05V7 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, 95D1-2 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, 95D1-1 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, LT05V9 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, Reator 05E1 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, 95T1 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, 95D3-2 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, 95D3-1 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, 05T1 - Corrente Fase B (Lado 230 kV) ≤ 10 kA, 94D1 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, 04L2 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA, 04L3 - Corrente Fase B (Amp) ≤ 10 kA.

Na modelagem em RPDs, cada pré-condição, associada ao estado da SE, é modelada por um *lugar* que representa uma pré-condição específica da SE. A presença de uma *ficha*

em cada um destes *lugares*, que indica que a pré-condição estabelecida por este *lugar* é satisfeita, é função dos respectivos eventos associados às pré-condições, ou seja, é uma função lógica booleana de recomposição que é ativada quando qualquer evento associado a uma determinada pré-condição ocorre. A ativação de uma função lógica booleana de recomposição significa que uma ficha está presente no respectivo lugar associado a esta pré-condição.

A funcionalidade destas funções lógicas booleanas de recomposição é semelhante ao funcionamento das funções lógicas booleanas de recomposição, explicadas anteriormente na modelagem, em RPCHs, da dinâmica do disjuntor de potência.

Complementação do Modelo do Estado de uma Subestação

Alguns eventos associados ao "*status*" da aplicação são importantes, não só para complementar a modelagem do estado da SE, como também, visando à confiabilidade e à segurança da aplicação de recomposição de SE. Caso haja alguma pré-condição não atendida, deve ser gerado um alarme de bloqueio do automatismo de recomposição da SE, haja vista todas as pré-condições serem "imprescindíveis" para o início do automatismo de recomposição da SE. Se todas as pré-condições estiverem sendo atendidas, o automatismo de recomposição de SE é iniciado. Assim, têm-se também os seguintes eventos, conforme listados a seguir.

- Iniciar automatismo de recomposição de SE;
- Bloqueio do automatismo de recomposição da SE;
- Não bloqueio do automatismo de recomposição da SE.

O comando importante à dinâmica do estado da SE e seu respectivo evento associado são mostrados a seguir.

- Comando para iniciar o automatismo de recomposição de SE: *Iniciar Recomposição Automática de SE*.

Na modelagem em RPCHs, o comando associado ao estado da SE é representado por uma *transição*. Para que uma determinada *transição* esteja habilitada é necessário que todas as pré-condições representadas pelos seus respectivos "*lugares de entrada*" estejam ativadas. Sendo assim, possível executar tal comando.

Com estas informações, pode-se modelar a dinâmica do estado da SE em RPCHs.

Considerações Parciais sobre o Modelo do Estado de uma Subestação

A modelagem do estado da SE, em RPCHs, foi realizada no CPN Tools.

Tome como referência, para exemplificar a modelagem do estado de uma SE, em RPCHs, no CPN Tools, a SE Sobral III.

A modelagem, em RPCHs, do estado de uma SE, para fins de recomposição automática de SE, foi composta de uma *página*. Esta *página* está relacionada ao estado da SE associado ao plano de recomposição, ou seja, ao estado da SE que caracteriza que a SE está desenergizada.

Modelo do Estado de uma Subestação Desenergizada

Na Figura 8.10, tem-se a *página*, que modela, em RPCHs, no CPN Tools, o estado da SE Sobral III. Observe que os lugares das RPCHs estão associados às pré-condições necessárias para se iniciar o automatismo de recomposição da SE e ao "*status*" da aplicação de recomposição de SE; as transições representam aquisições de informações do sistema supervisorio, decisões de disposição de fichas e ordem de comando. Uma ficha em um lugar representa que esta condição associada ao lugar é satisfeita.

Note que associados a alguns lugares e transições, há mnemônicos que indicam o que cada lugar e transição representam: o lugar *inirecomp*, por exemplo, indica que, o automatismo de recomposição de SE deve ser iniciado; a transição *inirecomp*, por exemplo, indica comandar o automatismo de recomposição de SE para iniciar.

Análises semelhantes podem ser realizadas nos demais lugares e transições, para se obter o significado dos demais mnemônicos associados a estes.

Para que o comando de iniciar o automatismo de recomposição de SE ocorra, a seguinte dinâmica é necessária:

- Lugar *inirecomp* → uma ficha neste lugar indica que o comando de iniciar o automatismo de recomposição de SE é preciso;
- Transição *aqseinirecomp* → quando há uma ficha no lugar *inirecomp*, esta transição está habilitada, indicando que é necessário a aquisição da informação de que o automatismo de recomposição de SE deve ser iniciado. Se o automatismo de recomposição de SE deve ser iniciado, é retornada uma informação "*(a,true)*". Caso contrário, uma informação "*(a,false)*" é retornada. A função lógica booleana de recomposição associada à transição *aqseinirecomp*, z_2 , é do tipo:

$$z_2 = y_1 + y_2. \quad (8.12)$$

Onde:

y_1 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Não impedida para iniciar a recomposição da SE*" do estado da SE Sobral III;

y_2 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Desligamento geral da SE*" do estado da SE Sobral III;

- Lugar *aux1* → de acordo com a informação de que o automatismo de recomposição de SE deve ser iniciado, há uma ficha $(a, true)$ neste lugar, se o automatismo de recomposição de SE deve ser iniciado, ou uma ficha $(a, false)$ neste lugar, se o automatismo de recomposição de SE não deve ser iniciado;
- Transição *aux1* → esta transição avalia as informações obtidas sobre o início do automatismo de recomposição de SE. Esta informação é necessária, para que o comando de iniciar o automatismo de recomposição de SE possa ser executado, de modo confiável e seguro. Se o automatismo de recomposição de SE deve ser iniciado, uma ficha, a , é colocada no lugar *aux4*, indicando que o comando de iniciar o automatismo de recomposição de SE precisa ser executado. Isto habilita a transição *inirecomp*, indicando que é necessário o comando de iniciar o automatismo de recomposição de SE. No entanto, se o automatismo de recomposição de SE não deve ser iniciado, uma ficha é colocada no lugar *bloqautom* e uma ficha é retirada do lugar *nbloqautom*, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE está bloqueada e comando algum pode ser realizado na SE, devido a critérios de confiabilidade e segurança considerados na solução proposta;
- Lugar *aux4* → funcionalidade semelhante ao do lugar *inirecomp*, indicando que todas as pré-condições necessárias para iniciar o automatismo de recomposição foram satisfeitas. Uma ficha neste lugar habilita a transição *inirecomp*;
- Transição *inirecomp* → realiza o comando de iniciar o automatismo de recomposição de SE;
- Lugar *inirecompok* → uma ficha neste lugar indica que o comando de iniciar o automatismo de recomposição de SE foi executado com sucesso, habilitando o próximo passo no plano de recomposição, através da transição *inirecompprox* que, ao disparar, colocará uma ficha, a , no lugar *secont*, indicando que o comando para selecionar a operação da SE pelo N2 deve ser realizada.

Note que:

- Em sua condição inicial, o lugar *nbloqautom* tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;

- Em sua condição inicial, o lugar *bloqautom* não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Observe que os nomes dos lugares e das transições são distintos, visando a se ter, quando da necessidade de se realizar análise formal do modelo proposto, em RPCHs, por exemplo, através de espaços de estados, uma análise adequada e eficiente.

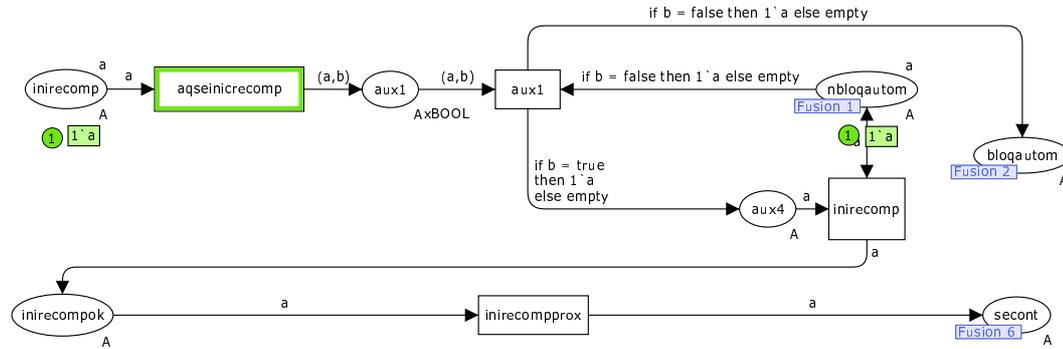


Figura 8.10: Página da Modelagem do Estado da Subestação no Estado Inicial.

Note que com esta página - a do estado da SE - associada à dinâmica do estado da SE, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, tem-se a formulação, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Após a apresentação de um modelo, em RPCHs, do estado de uma SE típica de sistemas de transmissão de energia elétrica, o próximo passo é apresentar um modelo, em RPCHs, da seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 de uma SE típica de sistemas de transmissão de energia elétrica.

8.5.5 Modelo da Hierarquia de Controle de uma Subestação

É tomada como referência a SE Sobral III.

A partir da lista de pontos da SE, todos os eventos (alarmes e comandos), que se relacionavam à seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 de uma SE, foram selecionados.

Em seguida, foram estudados estes eventos e segregados em eventos que geram informações sobre a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 de uma SE, associadas aos alarmes da SE, e eventos de comandos.

Após esta separação, foi feita uma análise sobre todas as pré-condições necessárias para que se possa selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 de uma SE, em função da natureza dos pontos, e.g., intertravamento, impedimento, etc.

Esta análise resultou nas seguintes pré-condições e seus respectivos eventos associados, conforme listados a seguir.

- Intertravada remotamente para manobrar pelo N2: *Seleção N2*;
- Não impedida para selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2: *Sistema Digital - Servidor 1 - Operando, Sistema Digital - Servidor 2 - Operando*.

Na modelagem em RPCHs, cada pré-condição, associada à seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 de uma SE, é modelada por um *lugar* que representa uma pré-condição específica para selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 de uma SE. A presença de uma *ficha* em cada um destes *lugares*, que indica que a pré-condição estabelecida por este *lugar* é satisfeita, é função dos respectivos eventos associados às pré-condições, ou seja, é uma função lógica booleana de recomposição que é ativada quando qualquer evento associado a uma determinada pré-condição ocorre. A ativação de uma função lógica booleana de recomposição significa que uma ficha está presente no respectivo lugar associado a esta pré-condição.

A funcionalidade destas funções lógicas booleanas de recomposição é semelhante ao funcionamento das funções lógicas booleanas de recomposição, explicadas anteriormente na modelagem, em RPCHs, da dinâmica do disjuntor de potência.

Complementação do Modelo da Hierarquia de Controle de uma Subestação

Alguns eventos associados a execuções de comandos remotos, ao "*status*" da aplicação, a condições sistêmicas e à generalização da solução proposta são importantes, não só para complementar a modelagem do comando de seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 de uma SE, como também, visando à confiabilidade e à segurança da aplicação de recomposição de SE. Caso haja uma falha de comando remoto, devem ser gerados alarmes não só da não execução do respectivo comando, bem como o de bloqueio do automatismo de recomposição da SE, haja vista o respectivo comando ser "imprescindível" para a recomposição da SE. Se o comando remoto for executado com sucesso, o evento de sucesso associado ao respectivo comando também deve ser gerado. Assim, têm-se também os seguintes eventos, conforme listados a seguir.

- Comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE - falha;
- Comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE - sucesso;
- Selecionado o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE;
- Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas;
- Bloqueio do automatismo de recomposição da SE;

- Não bloqueio do automatismo de recomposição da SE.

Note que:

- O evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*" é função das etapas de avaliações "imprescindíveis" para o sucesso do plano de recomposição de SE que já tenham sido realizadas até a etapa associada à respectiva avaliação que se deseja obter a informação de que não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas. A funcionalidade deste evento é semelhante a das funções lógicas booleanas associadas às pré-condições necessárias para se realizar determinadas manobras no disjuntor de potência, explicada anteriormente.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações*, associadas a estes eventos listados, estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

O comando importante à dinâmica de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE e seu respectivo evento associado são mostrados a seguir.

- Comando para selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE: *Comando para selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE*.

Na modelagem em RPCHs, o comando associado à seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE é representado por uma *transição*. Para que uma determinada *transição* esteja habilitada, são necessárias que todas as pré-condições representadas pelos seus respectivos "*lugares de entrada*" estejam ativadas. Sendo assim, possível executar tal comando.

Com estas informações, pode-se modelar a dinâmica de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE em RPCHs.

Considerações Parciais sobre o Modelo da Hierarquia de Controle de uma Subestação

A modelagem do comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE, em RPCHs, foi realizada no CPN Tools.

Tome como referência, para exemplificar a modelagem do comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 de uma SE, em RPCHs, no CPN Tools, a SE Sobral III.

A modelagem, em RPCHs, do comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 de uma SE, para fins de recomposição automática de SE, foi composta de uma *página*. Esta *página* está relacionada à seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 de uma SE associada ao plano de recomposição.

Modelo do Comando de Selecionar a Hierarquia de Controle de uma Subestação para Operar pelo Nível 2

Na Figura 8.11, tem-se a *página*, que modela, em RPCHs, no CPN Tools, o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE Sobral III. Observe que os lugares das RPCHs estão associados às pré-condições necessárias para se selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE, ao "*status*" da seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE e ao "*status*" da aplicação de recomposição de SE; as transições representam aquisições de informações do sistema supervisorio, decisões de disposição de fichas, ordem de comando e alarmes associados à não-execução destes comandos de seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE. Uma ficha em um lugar representa que esta condição associada ao lugar é satisfeita.

Note que associados a alguns lugares e transições, há mnemônicos que indicam o que cada lugar e transição representam: o lugar *secont*, por exemplo, indica que, a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE deve ser selecionada; a transição *n2*, por exemplo, indica o comando selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE.

Análises semelhantes podem ser realizadas nos demais lugares e transições, para se obter o significado dos demais mnemônicos associados a estes.

Para que o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE ocorra, a seguinte dinâmica é necessária:

- Lugar *secont* → uma ficha neste lugar indica que o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE é preciso;
- Transição *aqscintremmann2* → quando há uma ficha no lugar *secont*, esta transição está habilitada, indicando que é necessário a aquisição da informação do "*status*" da seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE. Se o "*status*" da seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 não estiver selecionado, é retornada uma informação "*true*". Caso contrário, uma informação "*false*" é retornada;
- Lugar *aux5* → de acordo com a informação do "*status*" da seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE, há uma ficha (*a,true*) neste lugar, se a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE não estiver selecionada, ou uma ficha (*a,false*) neste lugar, se a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE estiver selecionada;
- Transição *aux3* → esta transição avalia as informações obtidas sobre o "*status*" da seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE. Se a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE não estiver selecionada, uma ficha, *a*, é colocada no lugar *aux6*, indicando que o comando de selecionar a hierarquia de

controle para operar pelo N2 da SE precisa ser executado. Isto habilita a transição *aqscman*, indicando que é necessário a aquisição da informação de que a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE não está impossibilitada de ser selecionada. Esta informação é necessária, para que o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE possa ser executado, de modo confiável e seguro. A função lógica booleana de recomposição associada à transição *aqscman*, z_2 , é do tipo:

$$z_2 = y_1. \quad (8.13)$$

Onde:

y_1 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Não impedida para selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2*" da seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE Sobral III;

No entanto, se a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE estiver selecionada, uma ficha é colocada no lugar *nintremmann2*, indicando que o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE não precisa ser executado. Se a ficha *a* estiver neste lugar, a transição *secontprox* estará habilitada. Quando esta transição disparar, uma ficha, *dj(1)*, é colocada no lugar *v5a86lres*, indicando que um comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86l, associado ao disjuntor *15V9*, é preciso;

- Lugar *aux6* → uma ficha neste lugar habilita a transição *aqscman*, indicando que é necessário a aquisição da informação de que a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE não está impossibilitada de ser selecionada. Se a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE não estiver impossibilitada de ser selecionada, é retornada uma informação "*(a,true)*". Caso contrário, uma informação "*(a,false)*" é retornada;
- Lugar *aux7* → de acordo com a informação de que a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE não está impossibilitada de ser selecionada, há uma ficha *(a,true)* neste lugar, se a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE não estiver impossibilitada de ser selecionada, ou uma ficha *(a,false)* neste lugar, se a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE estiver impossibilitada de ser selecionada;
- Transição *aux4* → esta transição avalia as informações obtidas sobre a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE não estar impossibilitada para

selecionar. Se a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE não estiver impossibilitada para selecionar, uma ficha é colocada no lugar *aux8*, indicando que a informação associada à não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE deve ser obtida. Isto habilita a transição *aqscnaltestcondman*, indicando que é necessário a aquisição da informação de que não houve alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE. Esta informação é necessária, para que se possa comandar a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE, de modo confiável e seguro. No entanto, se a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE estiver impossibilitada para selecionar, uma ficha é colocada no lugar *bloqautom* e uma ficha é retirada do lugar *nbloqautom*, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE está bloqueada e comando algum pode ser realizado na SE, devido a critérios de confiabilidade e segurança considerados na solução proposta;

- Lugar *aux8* → funcionalidade semelhante ao do lugar *aux6*, mas associado à aquisição da informação de não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE;
- Lugar *aux9* → funcionalidade semelhante ao do lugar *aux7*, mas associado à aquisição da informação de não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE;
- Transição *aux5* → funcionalidade semelhante à da transição *aux4*, mas associada à aquisição da informação de não alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas para comandar a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE;
- Lugar *aux10* → funcionalidade semelhante ao do lugar *aux8*, indicando que todas as pré-condições necessárias para comandar a seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE foram satisfeitas. Uma ficha neste lugar habilita a transição *n2*;
- Transição *n2* → realiza o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE;
- Lugar *seln2* → uma ficha neste lugar indica que o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE foi selecionado;

- Transição *n2ok* → aquisição da informação que o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE foi executado com sucesso. Quando o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE tem sucesso: uma ficha é retirada do lugar *seln2*, indicando que o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE não está mais selecionado; uma ficha é colocada no lugar *nintremmann2*, indicando que o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE obteve sucesso, habilitando o próximo passo no plano de recomposição, através da transição *secontprox* que, ao disparar, colocará uma ficha, *dj(1)*, no lugar *v5a86lres*, indicando que o disjuntor *15V9* precisa de um comando de "reset" do relé de bloqueio 86l;
- Transição *n2fal* → aquisição da informação que o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE falhou. Quando o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE falha: uma ficha é retirada do lugar *seln2*, indicando que o comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE não está mais selecionado; uma ficha é retirada do lugar *nbloqautom* e uma ficha é colocada no lugar *bloqautom*, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE está bloqueada. Este bloqueio é devido a critérios de confiabilidade e de segurança da aplicação, haja vista este comando de selecionar a hierarquia de controle para operar pelo N2 da SE ser "imprescindível" para o sucesso do plano de recomposição de SE e uma seqüência de manobras indevidas poder ocasionar danos severos ao sistema elétrico de potência.

Note que:

- Em sua condição inicial, o lugar *nbloqautom* tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;
- Em sua condição inicial, o lugar *bloqautom* não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Observe que os nomes dos lugares e das transições são distintos, visando a se ter, quando da necessidade de se realizar análise formal do modelo proposto, em RPCHs, por exemplo, através de espaços de estados, uma análise adequada e eficiente.

Note que com esta *página* - a da seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 de uma SE - associada à dinâmica da seleção da hierarquia de controle para operar pelo N2 de uma SE, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, tem-se a formulação, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

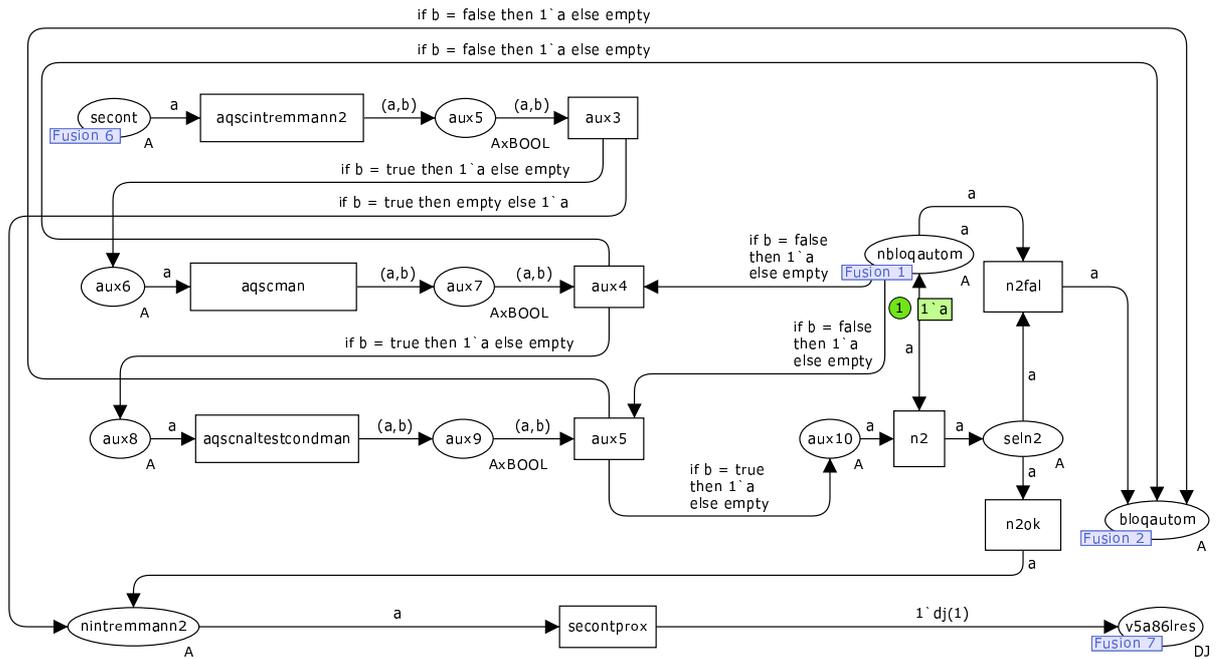


Figura 8.11: Página da Modelagem da Seleção da Hierarquia de Controle de uma Subestação para Operar pelo Nível 2 no Estado Inicial.

Após a modelagem de alguns elementos básicos, sub-redes, imprescindíveis para a formulação e a resolução do problema de automatizar o plano de recomposição de SE, através de RPCHs, e.g. - disjuntor, chave seccionadora, cdc, estado da SE e o controle da SE - e análise do normativo operacional, que estabelece os procedimentos para a recomposição de SE, nota-se que se pode subdividir o plano de recomposição por SE e por vão da SE com o objetivo de formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, de modo estruturado e escalável. As etapas de recomposição, nesta solução proposta, em RPCHs, são estruturadas por SE e por vão da SE.

8.6 Modelagem das Redes da Solução Proposta

Toma-se como referência para a estruturação da solução proposta neste trabalho, em RPCHs, por SE e por vão da SE, o detalhamento das etapas que a recomposição deve seguir, de acordo com a análise do normativo operacional, apresentado no Capítulo 4.

8.6.1 Modelo por Subestação

Os modelos do estado de uma SE e da hierarquia de controle de uma SE, apresentados anteriormente, estão associados às etapas 1 e 2, respectivamente, do detalhamento das

etapas que a recomposição deve seguir. Estes modelos compõem o modelo por SE da solução proposta neste trabalho.

8.6.2 Modelos por Vão

Na etapa 3 do detalhamento das etapas que a recomposição deve seguir - "*Comandar os "reset" nos relés de bloqueio*" - há uma ordem pré-estabelecida pelo normativo operacional que indica que estes comandos devem ser executados na seguinte ordem:

1. Vão 5A - Disjuntores;
2. Vão 5B - Disjuntores;
3. Vão 5C - Disjuntores;
4. Vão 4B - Disjuntor;
5. Vão 4D - Disjuntor;
6. Vão 5C - CDC.

Sendo assim, necessária uma formulação dos modelos em RPCHs por vão, para resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo dos Comandos de "*Reset*" dos Relés de Bloqueio 86l dos Disjuntores de Potência do Vão 5A

Na Figura 8.12, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, dos comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5A da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor de potência, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar os comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores de potência do vão 5A. Nesta *página*, a dos comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores de potência do vão 5A, os comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l devem ocorrer nos disjuntores *15V9* e *15D1* ou *15D1* e *15V7* ou *15V9* e *15V7*, para que, no vão 5A, haja sucesso nos comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores de potência. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *dj(1)* corresponde ao disjuntor *15V9*, a ficha *dj(2)* corresponde ao disjuntor *15D1* e a ficha *dj(3)* corresponde ao disjuntor *15V7*. Os comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores de potência do vão 5A ocorrem na seguinte ordem:

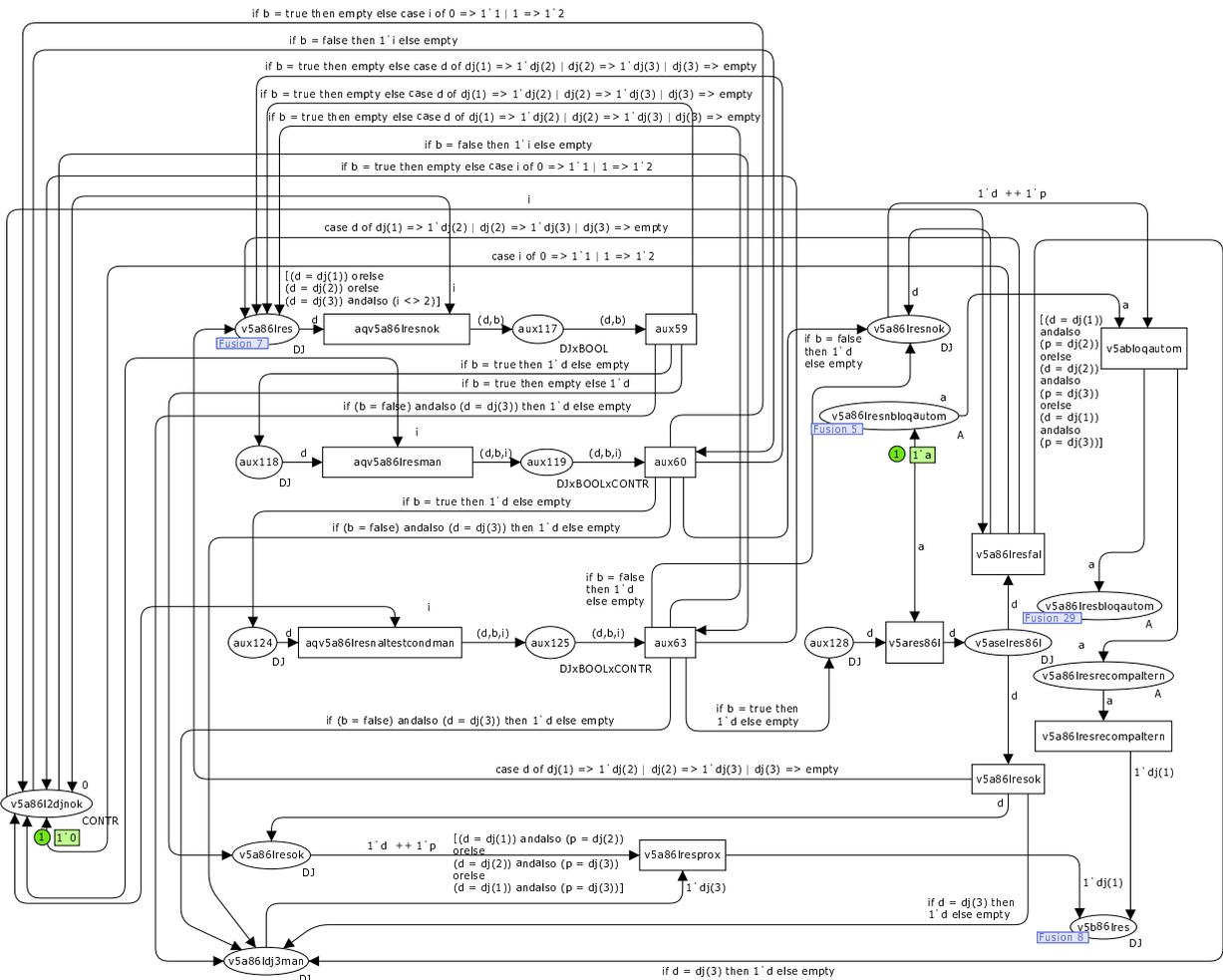


Figura 8.12: Página da Modelagem dos Comandos de "Reset" dos Relés de Bloqueio 861 dos Disjuntores de Potência do Vão 5A no Estado Inicial.

1. 15V9;
2. 15D1;
3. 15V7.

Note que:

- O lugar $v5a86l2djnok \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha presente nele, a quantidade de disjuntores do vão 5A em que não foram possíveis os comandos de "reset" dos relés de bloqueio 861. Se quaisquer dois disjuntores do vão 5A não conseguirem obter sucesso nos comandos de "reset" dos respectivos relés de bloqueio associados a estes, a ficha 2, estará neste lugar, indicando esta condição e desabilitando a execução da transição $aqv5a86lresnok$, visto que, nesta condição, o automatismo de recomposição de SE, no vão 5A não terá obtido sucesso nas tentativas de comandos de "reset" dos relés de bloqueio 861 associados a seus disjuntores, o que gerará um

bloqueio do automatismo de recomposição de SE, para comandar os "reset" dos relés de bloqueio 86l do vão 5A, e apenas a transição *v5abloqautom* estará habilitada nesta condição;

- O lugar *v5a86ldj3man* → indica, de acordo com a presença da ficha *dj(3)* nele, se no disjuntor *dj(3)*, *15V7*, foi comandado o "reset" do relé de bloqueio 86l associado a este disjuntor. Esta condição é "imprescindível" para que, após os comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5A serem executados com sucesso, o automatismo de recomposição de SE passe para o próximo passo;
- O lugar *v5a86lresnbloqautom* → indica, de acordo com a ficha *a* presente nele, se o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado para comandar os "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5A;
- O lugar *v5a86lresbloqautom* → indica, de acordo com a ficha *a* presente nele, se o automatismo de recomposição de SE está bloqueado para comandar os "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5A;
- O lugar *v5a86lresnok* → indica, de acordo com as fichas presentes nele, os disjuntores que não obtiveram sucesso nas tentativas de comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l associados a estes;
- A transição *v5abloqautom* → quando dispara, retira uma ficha *a* do lugar *v5a86lresnbloqautom*, retira duas fichas, *d* e *p*, do lugar *v5a86lresnok*, coloca uma ficha *a* no lugar *v5a86lresbloqautom* e coloca uma ficha *a* no lugar *v5a86lresrecompaltern*;
- O lugar *v5a86lresrecompaltern* → indica, quando da presença de uma ficha *a*, que os comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5A não obtiveram sucesso e habilita a transição *v5a86lresrecompaltern*, indicando que um plano alternativo para que o automatismo de recomposição de SE tenha sucesso é necessário;
- A transição *v5a86lresrecompaltern* → quando dispara, retira uma ficha *a* do lugar *v5a86lresrecompaltern* e coloca uma ficha *dj(1)* no lugar *v5b86lres*, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é os comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5B, quando o automatismo de recomposição de SE não obtém sucesso nos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5A.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar *v5a86lresnbloqautom* tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada para comandar os "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5A;
- Em sua condição inicial, o lugar *v5a86lresnbloqautom* não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada para comandar os "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5A.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3* pode ser realizada para a *página* que modela os comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5A, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a dos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5A - associada à dinâmica do vão 5A, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo dos Comandos de "Reset" dos Relés de Bloqueio 86l dos Disjuntores de Potência do Vão 5B

Na Figura 8.13, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, dos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5B da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor de potência, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar os comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores de potência do vão 5B. Nesta *página*, a dos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores de potência do vão 5B, os comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l devem ocorrer nos disjuntores *15V8* e *15V6*, para que, no vão 5B, haja sucesso nos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores de potência. Se o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *15V8* ou o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *15V6* não obtiver sucesso, por questões de segurança e confiabilidade da solução proposta, o automatismo de recomposição de SE é bloqueado, visto que estas manobras são "imprescindíveis" para que o plano de recomposição automática de SE tenha sucesso. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *dj(1)* corresponde ao disjuntor *15V8*, a ficha *dj(2)* corresponde ao disjuntor *15D2* e a

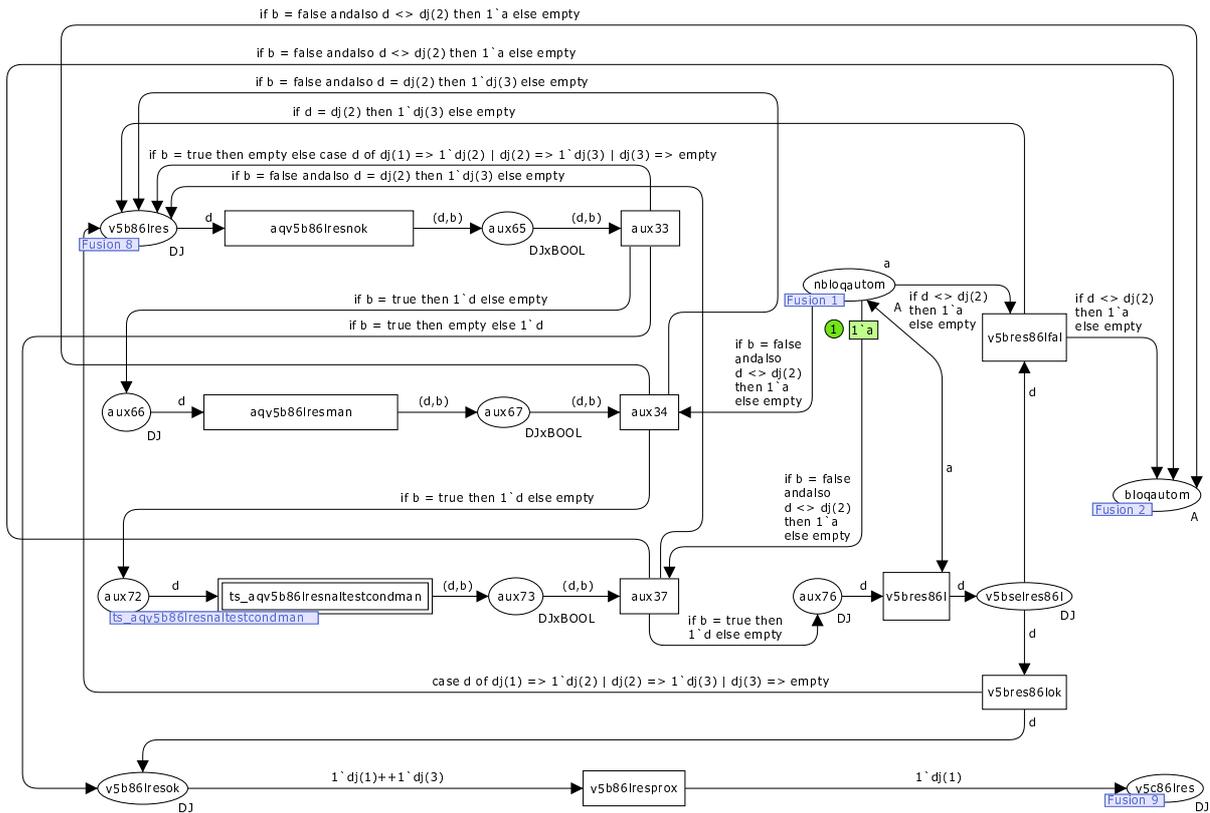


Figura 8.13: Página da Modelagem dos Comandos de "Reset" dos Relés de Bloqueio 861 dos Disjuntores de Potência do Vão 5B no Estado Inicial.

ficha $dj(3)$ corresponde ao disjuntor 15V6. Os comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores de potência do vão 5B ocorrem na seguinte ordem:

1. 15V8;
2. 15D2;
3. 15V6.

Note que:

- O lugar $v5b86lresok \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha presente nele, os disjuntores do vão 5B que tiveram sucesso nos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l. Se os disjuntores 15V8 e 15V6 do vão 5B obtiverem sucesso nos comandos de "reset" dos respectivos relés de bloqueio associados a estes, as fichas $dj(1)$ e $dj(3)$ estarão neste lugar, indicando esta condição, e habilitando a execução da transição $v5b86lresprox$;
- A transição $v5b86lresprox \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha $dj(1)$ e uma ficha $dj(3)$ do lugar $v5b86lresok$ e coloca uma ficha $dj(1)$ no lugar $v5c86lres$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é os comandos de

"*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5C, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso nos comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5B.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar *nbloqautom* tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;
- Em sua condição inicial, o lugar *bloqautom* não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3* pode ser realizada para a *página* que modela os comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5B, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a dos comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5B - associada à dinâmica do vão 5B, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo dos Comandos de "*Reset*" dos Relés de Bloqueio 86l dos Disjuntores de Potência do Vão 5C

Na Figura 8.14, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, dos comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5C da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor de potência, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar os comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores de potência do vão 5C. Nesta *página*, a dos comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores de potência do vão 5C, os comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l devem ocorrer nos disjuntores *15T1* e *14T1*, para que, no vão 5C, haja sucesso nos comandos de "*reset*" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores de potência. Se o comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *15T1* ou o comando de "*reset*" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *14T1* não obtiver sucesso, por questões de segurança e confiabilidade da solução proposta, o automatismo de recomposição de SE é

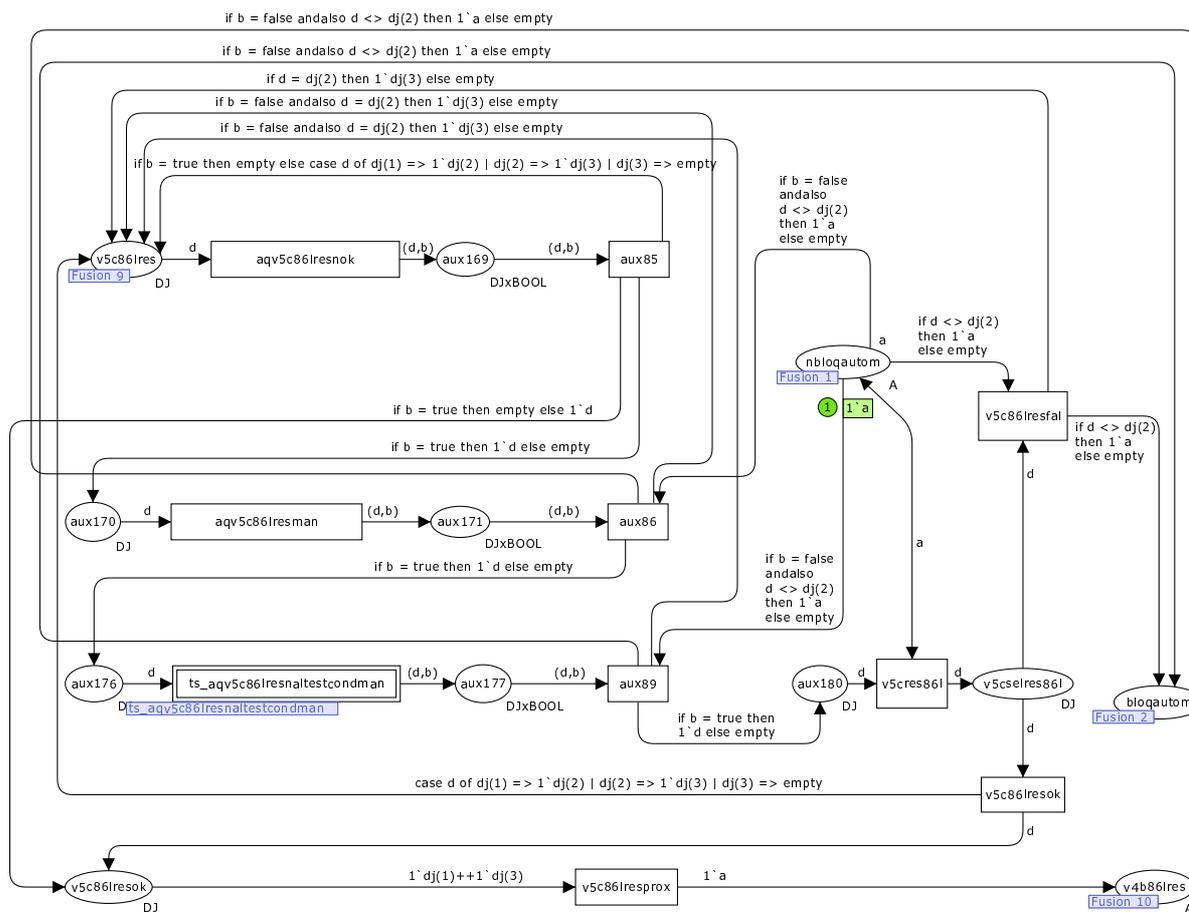


Figura 8.14: Página da Modelagem dos Comandos de "Reset" dos Relés de Bloqueio 861 dos Disjuntores de Potência do Vão 5C no Estado Inicial.

bloqueado, visto que estas manobras são "imprescindíveis" para que o plano de recomposição automática de SE tenha sucesso. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha $dj(1)$ corresponde ao disjuntor $15T1$, a ficha $dj(2)$ corresponde ao disjuntor $15D3$ e a ficha $dj(3)$ corresponde ao disjuntor $14T1$. Os comandos de "reset" dos relés de bloqueio 861 dos disjuntores de potência do vão 5C ocorrem na seguinte ordem:

1. $15T1$;
2. $15D3$;
3. $14T1$.

Note que:

- O lugar $v5c86lresok \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha presente nele, os disjuntores do vão 5C que tiveram sucesso nos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 861. Se os disjuntores $15T1$ e $14T1$ do vão 5C obtiverem sucesso nos comandos de "reset" dos

respectivos relés de bloqueio associados a estes, as fichas $dj(1)$ e $dj(3)$ estarão neste lugar, indicando esta condição e habilitando a execução da transição $v5c86lresprox$;

- A transição $v5c86lresprox \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha $dj(1)$ e uma ficha $dj(3)$ do lugar $v5c86lresok$ e coloca uma ficha a no lugar $v4b86lres$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4B, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso nos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5C.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar $nbloqautom$ tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;
- Em sua condição inicial, o lugar $bloqautom$ não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor $14L3$ pode ser realizada para a *página* que modela os comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5C, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a dos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5C - associada à dinâmica do vão 5C, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo do Comando de "Reset" do Relé de Bloqueio 86l do Disjuntor de Potência do Vão 4B

Na Figura 8.15, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, do comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4B, $14L2$, da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor de potência, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor de potência do vão 4B, $14L2$. Nesta *página*, a do comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor de potência do vão 4B, o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l deve ocorrer no disjuntor $14L2$, para que, no vão 4B, haja sucesso no comando

- O lugar $v4b86lresnbloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4B;
- O lugar $v4b86lresbloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE está bloqueado para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4B;
- O lugar $v4b86lresrecompalturn \rightarrow$ indica, quando da presença de uma ficha a , que o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4B não obteve sucesso e habilita a transição $v4b86lresrecompalturn$, indicando que um plano alternativo para que o automatismo de recomposição de SE tenha sucesso é necessário;
- A transição $v4b86lresrecompalturn \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha a do lugar $v4b86lresrecompalturn$ e coloca uma ficha a no lugar $v4d86lres$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4D, quando o automatismo de recomposição de SE não obtém sucesso no comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4B.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar $v4b86lresnbloqautom$ tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4B;
- Em sua condição inicial, o lugar $v4b86lresbloqautom$ não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada para comandar o "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4B.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor $14L3$ pode ser realizada para a *página* que modela o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4B, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a do comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4B - associada à dinâmica do vão 4B, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo do Comando de "Reset" do Relé de Bloqueio 86l do Disjuntor de Potência do Vão 4D

Na Figura 8.2, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, do comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4D, *14L3*, da SE Sobral III.

Observe que na modelagem, em RPCHs, do disjuntor de potência, apresentada anteriormente, já foi descrito este modelo do comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor de potência do vão 4D, *14L3*. Nesta *página*, a do comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor de potência do vão 4D, o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l deve ocorrer no disjuntor *14L3*, para que, no vão 4D, haja sucesso no comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor de potência. Se o comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor *14L3* não obtiver sucesso, por questões de segurança e confiabilidade da solução proposta, o automatismo de recomposição de SE é bloqueado, visto que esta manobra é "imprescindível" para que o plano de recomposição automática de SE tenha sucesso. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *a* corresponde ao disjuntor *14L3*.

Note que com esta *página* - a do comando de "reset" do relé de bloqueio 86l do disjuntor do vão 4D - associada à dinâmica do vão 4D, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo do Comando de "Reset" do Relé de Bloqueio 86c do Comutador de Derivação em Carga do Vão 5C

Na Figura 8.6, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, do comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* da SE Sobral III.

Observe que na modelagem, em RPCHs, do cdc, apresentada anteriormente, já foi descrito este modelo do comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1*. Nesta *página*, a do comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1*, o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c deve ocorrer no cdc do ATR *05T1*, para que, no vão 5C, haja sucesso no comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc. Se o comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* não obtiver sucesso, por questões de segurança e confiabilidade da solução proposta, o automatismo de recomposição de SE é bloqueado, visto que esta manobra é "imprescindível" para que o plano de recomposição automática de SE tenha sucesso. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *a* corresponde ao cdc do ATR *05T1*.

Note que com esta *página* - a do comando de "reset" do relé de bloqueio 86c do cdc do ATR *05T1* - associada à dinâmica do vão 5C, para fins de uso nas manobras

de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Considerações sobre a Etapa 3 do Procedimento de Recomposição e Desdobramentos

Observe que com estas *páginas* descritas, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, do problema de automatizar a etapa 3 - "*Comandar os "reset " nos relés de bloqueio*" - do detalhamento das etapas que a recomposição deve seguir.

Após o sucesso na etapa 3 de "*Comandar os "reset " nos relés de bloqueio*", a próxima etapa em que se pode observar a possibilidade de formulação e solução do problema de automatizar o detalhamento das etapas que a recomposição deve seguir por vão é a etapa 4 de "*Confirmar conectados ou conectar os reatores*". Nesta etapa, há uma ordem pré-estabelecida pelo normativo operacional que indica que estes comandos devem ser executados na seguinte ordem:

1. Vão 5A - Reatores - Chaves Seccionadoras;
2. Vão 5B - Reatores - Chaves Seccionadoras.

Modelo dos Comandos de Fechar as Chaves Seccionadoras do Vão 5A

Na Figura 8.16, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, dos comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A, da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, da chave seccionadora, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar os comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A. Nesta *página*, a dos comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A, os comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A, devem ocorrer nas chaves seccionadoras *35E1-8* e *35E2-8*, para que, no vão 5A, haja sucesso nos comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *ch(1)* corresponde à chave seccionadora *35E1-8* e a ficha *ch(2)* corresponde à chave seccionadora *35E2-8*. Os comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A ocorrem na seguinte ordem:

1. *35E1-8*;
2. *35E2-8*.

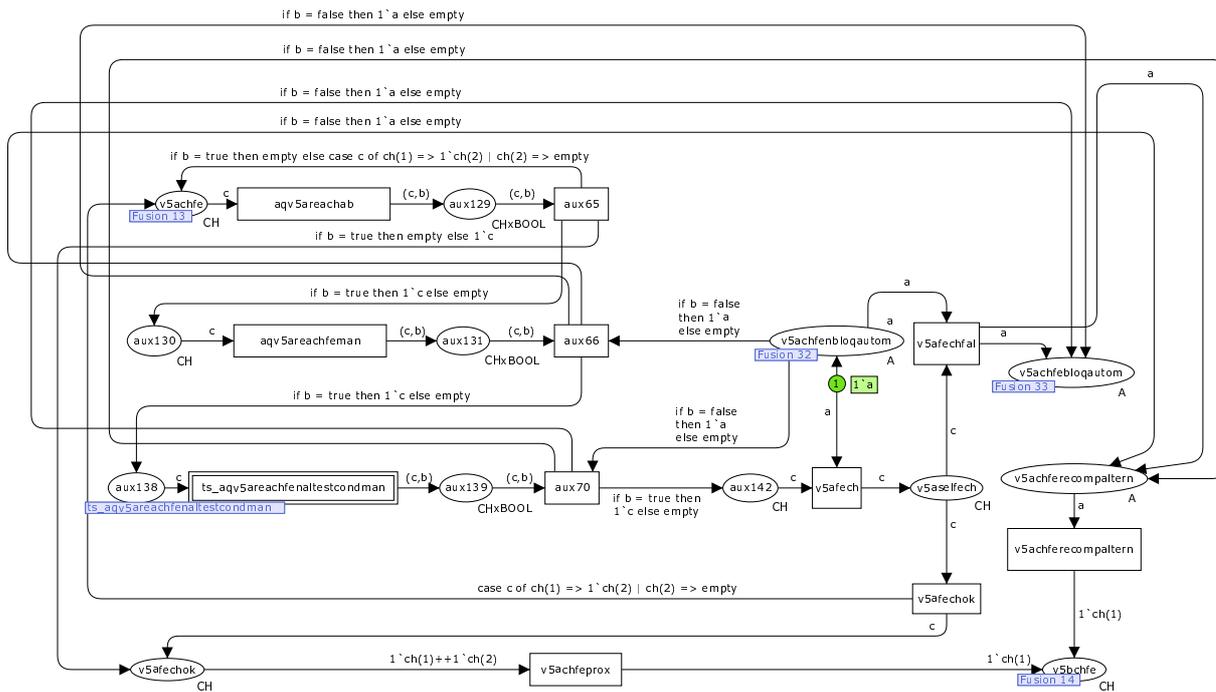


Figura 8.16: Página da Modelagem dos Comandos de Fechar das Chaves Seccionadoras, Associadas aos Reatores do Vão 5A, no Estado Inicial.

Note que:

- O lugar *v5afechok* → indica, de acordo com a ficha presente nele, as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A, que tiveram sucesso nos comandos de fechar. Se as chaves seccionadoras *35E1-8* e *35E2-8* do vão 5A obtiverem sucesso nos comandos de fechamento, as fichas *ch(1)* e *ch(2)* estarão neste lugar, indicando esta condição, e habilitando a execução da transição *v5achfeprox*;
- A transição *v5achfeprox* → quando dispara, retira uma ficha *ch(1)* e uma ficha *ch(2)* do lugar *v5afechok* e coloca uma ficha *ch(1)* no lugar *v5achfeh*, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é os comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5B, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso nos comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A;
- O lugar *v5achfenbloqautom* → indica, de acordo com a ficha *a* presente nele, se o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado para comandar os fechamentos das chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A;
- O lugar *v5achfebloqautom* → indica, de acordo com a ficha *a* presente nele, se o automatismo de recomposição de SE está bloqueado para comandar os fechamentos das chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A;

- O lugar $v5achferecompalturn \rightarrow$ indica, quando da presença de uma ficha a , que os comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A, não obtiveram sucesso e habilita a transição $v5achferecompalturn$, indicando que um plano alternativo para que o automatismo de recomposição de SE tenha sucesso é necessário;
- A transição $v5achferecompalturn \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha a do lugar $v5achferecompalturn$ e coloca uma ficha $ch(1)$ no lugar $v5bchfe$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é os comandos de fechar as chave seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5B, quando o automatismo de recomposição de SE não obtém sucesso nos comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar $v5achfenbloqautom$ tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada para comandar os fechamentos das chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A;
- Em sua condição inicial, o lugar $v5achfebloqautom$ não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada para comandar os fechamentos das chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de fechar a chave seccionadora $35E1-8$ pode ser realizada para a *página* que modela os comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a dos comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5A - associada à dinâmica do vão 5A, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo dos Comandos de Fechar as Chaves Seccionadoras do Vão 5B

Na Figura 8.5, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, dos comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores vão 5B, da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, da chave seccionadora, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar os comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5B. Nesta *página*, a dos comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5B, os comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5B, devem ocorrer nas chaves seccionadoras $35E3-8$ e $35E4-8$, para que, no vão 5B, haja sucesso nos comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5B. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha $ch(1)$ corresponde à chave seccionadora $35E3-8$ e a ficha $ch(2)$ corresponde à chave seccionadora $35E4-8$. Os comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5B ocorrem na seguinte ordem:

1. $35E3-8$;
2. $35E4-8$.

Note que:

- O lugar $v5bfechok \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha presente nele, as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5B, que tiveram sucesso nos comandos de fechar. Se as chaves seccionadoras $35E3-8$ e $35E4-8$ do vão 5B obtiverem sucesso nos comandos de fechamento, as fichas $ch(1)$ e $ch(2)$ estarão neste lugar, indicando esta condição, e habilitando a execução da transição $v5bchfeprox$;
- A transição $v5bchfeprox \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha $ch(1)$ e uma ficha $ch(2)$ do lugar $v5bfechok$ e coloca uma ficha $dj(1)$ no lugar $v5adjab$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é os comandos de abrir os disjuntores de potência do vão 5A, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso nos comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5B;
- O lugar $nbloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado;
- O lugar $bloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE está bloqueado.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar $nbloqautom$ tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;

- Em sua condição inicial, o lugar *bloqautom* não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de fechar a chave seccionadora *35E1-8* pode ser realizada para a *página* que modela os comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5B, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a dos comandos de fechar as chaves seccionadoras, associadas aos reatores do vão 5B - associada à dinâmica do vão 5B, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Considerações sobre a Etapa 4 do Procedimento de Recomposição e Desdobramentos

Observe que com estas *páginas* descritas, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, do problema de automatizar a etapa 4 - "*Confirmar conectados ou conectar os reatores*" - do detalhamento das etapas que a recomposição deve seguir.

Após o sucesso na etapa 4 de "*Confirmar conectados ou conectar os reatores*", a próxima etapa em que se pode observar a possibilidade de formulação e solução do problema de automatizar o detalhamento das etapas que a recomposição deve seguir por vão é a etapa 5 de "*Confirmar abertos ou abrir os disjuntores*". Nesta etapa, há uma ordem pré-estabelecida pelo normativo operacional que indica que estes comandos devem ser executados na seguinte ordem:

1. Vão 5A - Disjuntores;
2. Vão 5B - Disjuntores;
3. Vão 5C - Disjuntores;
4. Vão BT de 230 kV - Disjuntor;
5. Vão 4B - Disjuntor;
6. Vão 4D - Disjuntor.

Modelo dos Comandos de Abrir os Disjuntores de Potência do Vão 5A

Na Figura 8.17, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, dos comandos de abrir os disjuntores de potência do vão 5A da SE Sobral III.

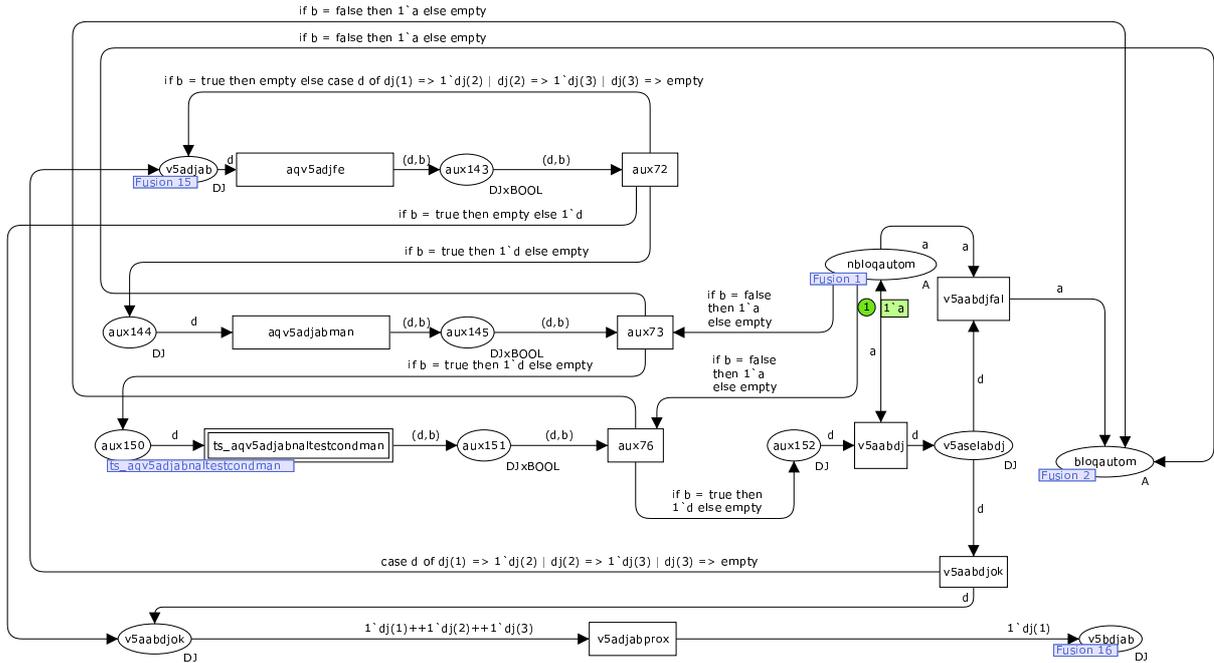


Figura 8.17: *Página* da Modelagem dos Comandos de Abrir dos Disjuntores de Potência do Vão 5A no Estado Inicial.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPDs, do disjuntor, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar os comandos de abrir os disjuntores do vão 5A. Nesta *página*, dos comandos de abrir os disjuntores do vão 5A, os comandos de abrir os disjuntores do vão 5A devem ocorrer nos disjuntores 15V9, 15D1 e 15V7, para que, no vão 5A, haja sucesso nos comandos de abrir os disjuntores. Na modelagem, em RPDs, no CPN Tools, a ficha $dj(1)$ corresponde ao disjuntor 15V9, a ficha $dj(2)$ corresponde ao disjuntor 15D1 e a ficha $dj(3)$ corresponde ao disjuntor 15V7. Os comandos de abrir os disjuntores do vão 5A ocorrem na seguinte ordem:

1. 15V9;
2. 15D1;
3. 15V7.

Note que:

- O lugar $v5aabdjok$ \rightarrow indica, de acordo com a ficha presente nele, os disjuntores do vão 5A que tiveram sucesso nos comandos de abrir. Se os disjuntores 15V9, 15D1

e $15V7$ do vão 5A obtiverem sucesso nos comandos de abrir, as fichas $dj(1)$, $dj(2)$ e $dj(3)$ estarão neste lugar, indicando esta condição, e habilitando a execução da transição $v5adjabprox$;

- A transição $v5adjabprox \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha $dj(1)$, uma ficha $dj(2)$ e uma ficha $dj(3)$ do lugar $v5aabdjok$ e coloca uma ficha $dj(1)$ no lugar $v5bdjab$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é os comandos de abrir os disjuntores de potência do vão 5B, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso nos comandos de abrir os disjuntores do vão 5A;
- O lugar $nbloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado;
- O lugar $bloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE está bloqueado.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar $nbloqautom$ tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;
- Em sua condição inicial, o lugar $bloqautom$ não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de abrir o disjuntor $14L3$ pode ser realizada para a *página* que modela os comandos de abrir os disjuntores do vão 5A, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a dos comandos de abrir os disjuntores do vão 5A - associada à dinâmica do vão 5A, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo dos Comandos de Abrir os Disjuntores de Potência do Vão 5B

Na Figura 8.18, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, dos comandos de abrir os disjuntores de potência do vão 5B da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

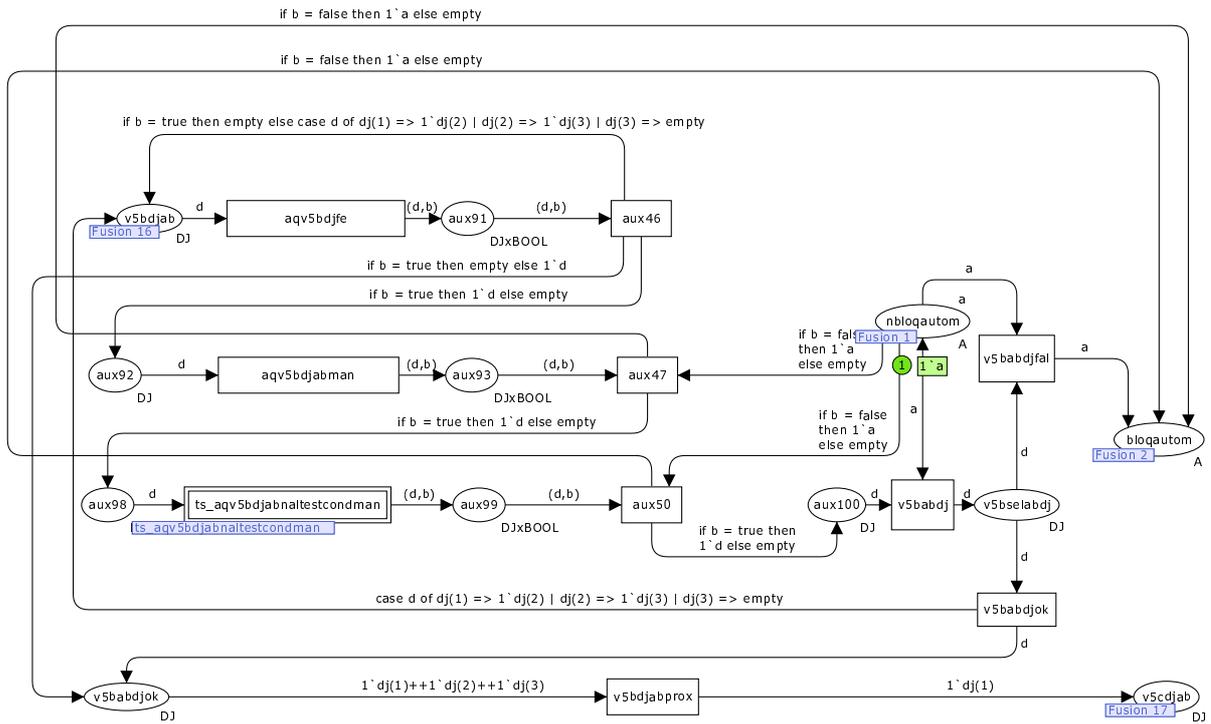


Figura 8.18: *Página* da Modelagem dos Comandos de Abrir dos Disjuntores de Potência do Vão 5B no Estado Inicial.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar os comandos de abrir os disjuntores do vão 5B. Nesta *página*, a dos comandos de abrir os disjuntores do vão 5B, os comandos de abrir os disjuntores do vão 5B devem ocorrer nos disjuntores *15V8*, *15D2* e *15V6*, para que, no vão 5B, haja sucesso nos comandos de abrir os disjuntores. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *dj(1)* corresponde ao disjuntor *15V8*, a ficha *dj(2)* corresponde ao disjuntor *15D2* e a ficha *dj(3)* corresponde ao disjuntor *15V6*. Os comandos de abrir os disjuntores do vão 5B ocorrem na seguinte ordem:

1. *15V8*;
2. *15D2*;
3. *15V6*.

Note que:

- O lugar *v5babdjok* → indica, de acordo com a ficha presente nele, os disjuntores do vão 5B que tiveram sucesso nos comandos de abrir. Se os disjuntores *15V8*, *15D2* e *15V6* do vão 5B obtiverem sucesso nos comandos de abrir, as fichas *dj(1)*, *dj(2)* e *dj(3)* estarão neste lugar, indicando esta condição, e habilitando a execução da transição *v5bdjabprox*;

- A transição $v5bdjabprox \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha $dj(1)$, uma ficha $dj(2)$ e uma ficha $dj(3)$ do lugar $v5babdjok$ e coloca uma ficha $dj(1)$ no lugar $v5cdjab$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é os comandos de abrir os disjuntores de potência do vão 5C, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso nos comandos de abrir os disjuntores do vão 5B;
- O lugar $nbloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado;
- O lugar $bloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE está bloqueado.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar $nbloqautom$ tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;
- Em sua condição inicial, o lugar $bloqautom$ não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de abrir o disjuntor $14L3$ pode ser realizada para a *página* que modela os comandos de abrir os disjuntores do vão 5B, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a dos comandos de abrir os disjuntores do vão 5B - associada à dinâmica do vão 5B, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo dos Comandos de Abrir os Disjuntores de Potência do Vão 5C

Na Figura 8.19, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, dos comandos de abrir os disjuntores de potência do vão 5C da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar os comandos de abrir os disjuntores do vão 5C. Nesta *página*, a dos comandos de abrir os disjuntores do vão 5C, os comandos de abrir os disjuntores do vão 5C devem ocorrer nos disjuntores $15T1$, $15D3$ e $14T1$, para que, no vão 5C, haja sucesso nos comandos de abrir os disjuntores. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha

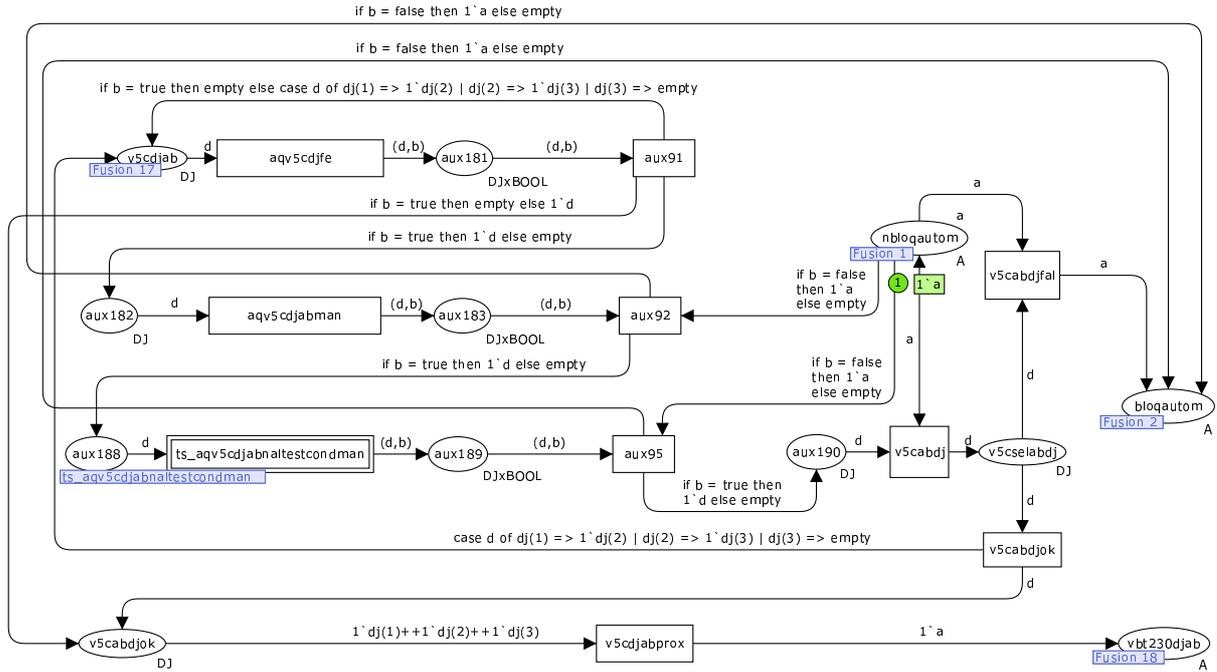


Figura 8.19: Página da Modelagem dos Comandos de Abrir dos Disjuntores de Potência do Vão 5C no Estado Inicial.

$dj(1)$ corresponde ao disjuntor $15T1$, a ficha $dj(2)$ corresponde ao disjuntor $15D3$ e a ficha $dj(3)$ corresponde ao disjuntor $14T1$. Os comandos de abrir os disjuntores do vão 5C ocorrem na seguinte ordem:

1. $15T1$;
2. $15D3$;
3. $14T1$.

Note que:

- O lugar $v5cabdjok \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha presente nele, os disjuntores do vão 5C que tiveram sucesso nos comandos de abrir. Se os disjuntores $15T1$, $15D3$ e $14T1$ do vão 5C obtiverem sucesso nos comandos de abrir, as fichas $dj(1)$, $dj(2)$ e $dj(3)$ estarão neste lugar, indicando esta condição, e habilitando a execução da transição $v5cdjabprox$;
- A transição $v5cdjabprox \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha $dj(1)$, uma ficha $dj(2)$ e uma ficha $dj(3)$ do lugar $v5cabdjok$ e coloca uma ficha a no lugar $vbt230djab$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é o comando de abrir o disjuntor de potência do vão BT de 230 kV, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso nos comandos de abrir os disjuntores do vão 5C;

- O lugar *nbloqautom* \rightarrow indica, de acordo com a ficha *a* presente nele, se o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado;
- O lugar *bloqautom* \rightarrow indica, de acordo com a ficha *a* presente nele, se o automatismo de recomposição de SE está bloqueado.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar *nbloqautom* tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;
- Em sua condição inicial, o lugar *bloqautom* não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de abrir o disjuntor *14L3* pode ser realizada para a *página* que modela os comandos de abrir os disjuntores do vão 5C, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a dos comandos de abrir os disjuntores do vão 5C - associada à dinâmica do vão 5C, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo do Comando de Abrir o Disjuntor de Potência do Vão BT de 230 kV

Na Figura 8.20, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, do comando de abrir o disjuntor de potência do vão BT de 230 kV da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar o comando de abrir o disjuntor do vão BT de 230 kV. Nesta *página*, a do comando de abrir o disjuntor do vão BT de 230 kV, o comando de abrir o disjuntor do vão BT de 230 kV deve ocorrer no disjuntor *14D1*, para que, no vão BT de 230 kV, haja sucesso no comando de abrir o disjuntor. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *a* corresponde ao disjuntor *14D1*.

Note que:

- O lugar *vbt230abdjok* \rightarrow indica, de acordo com a ficha presente nele, se o disjuntor do vão BT de 230 kV teve sucesso no comando de abrir. Se o disjuntor *14D1* do vão BT de 230 kV obteve sucesso no comando de abrir, a ficha *a* estará neste lugar, indicando esta condição, e habilitando a execução da transição *vbt230djabprox*;

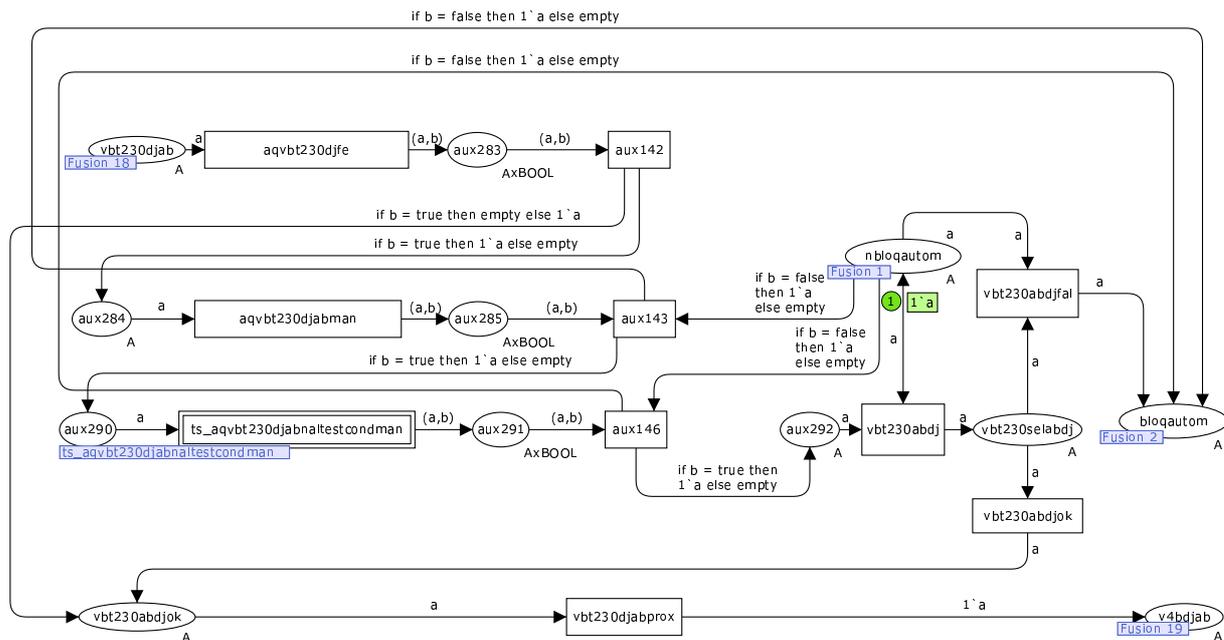


Figura 8.20: Página da Modelagem do Comando de Abrir do Disjuntor de Potência do Vão BT de 230 kV no Estado Inicial.

- A transição $vbt230djabprox \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha a do lugar $vbt230abdjok$ e coloca uma ficha a no lugar $v4bdjab$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é o comando de abrir o disjuntor de potência do vão 4B, $14L2$, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso no comando de abrir o disjuntor do vão BT de 230 kV;
- O lugar $nbloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado;
- O lugar $bloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE está bloqueado.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar $nbloqautom$ tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;
- Em sua condição inicial, o lugar $bloqautom$ não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a página que modela o comando de abrir o disjuntor $14L3$ pode ser realizada para a página que modela o comando de abrir o disjuntor do vão BT de 230 kV, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta página - a do comando de abrir o disjuntor do vão BT de 230 kV - associada à dinâmica do vão BT de 230 kV, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo do Comando de Abrir o Disjuntor de Potência do Vão 4B

Na Figura 8.21, tem-se a página da formulação, em RPCHs, do comando de abrir o disjuntor de potência do vão 4B, 14L2, da SE Sobral III.

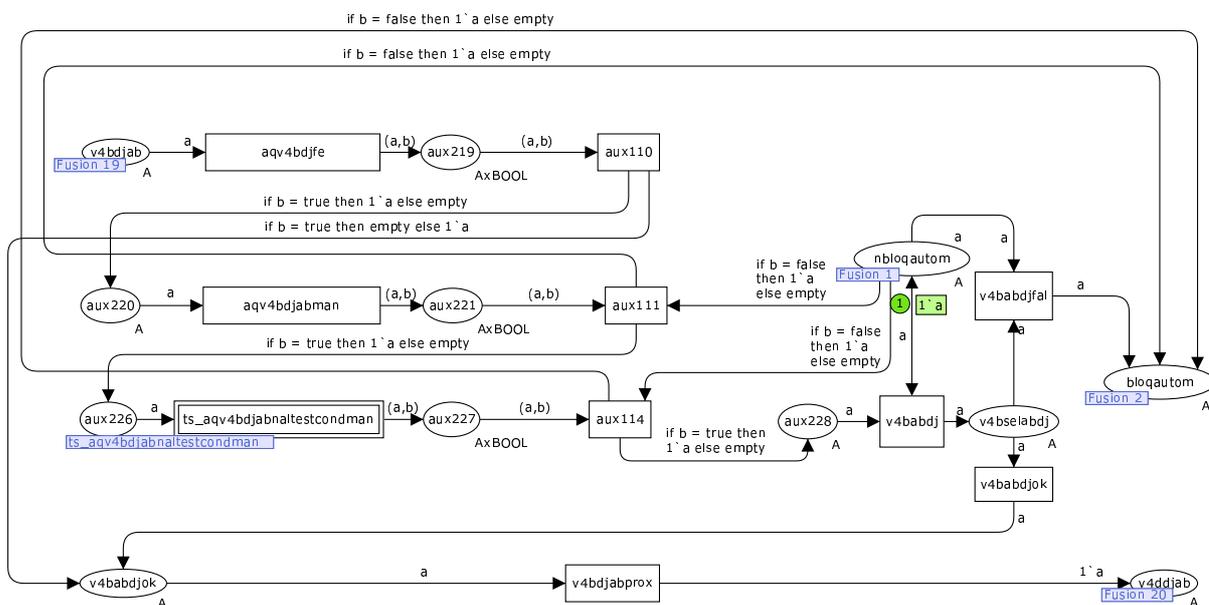


Figura 8.21: Página da Modelagem do Comando de Abrir do Disjuntor de Potência 14L2 no Estado Inicial.

As definições dos lugares, transições e marcações estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar o comando de abrir o disjuntor do vão 4B. Nesta página, a do comando de abrir o disjuntor do vão 4B, o comando de abrir o disjuntor do vão 4B deve ocorrer no disjuntor 14L2, para que, no vão 4B, haja sucesso no comando de abrir o disjuntor. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *a* corresponde ao disjuntor 14L2.

Note que:

- O lugar *v4babdjok* → indica, de acordo com a ficha presente nele, se o disjuntor do vão 4B teve sucesso no comando de abrir. Se o disjuntor 14L2 do vão 4B obteve

sucesso no comando de abrir, a ficha a estará neste lugar, indicando esta condição, e habilitando a execução da transição $v4bdjabprox$;

- A transição $v4bdjabprox \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha a do lugar $v4babdjok$ e coloca uma ficha a no lugar $v4ddjab$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é o comando de abrir o disjuntor de potência do vão 4D, $14L3$, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso no comando de abrir o disjuntor do vão 4B;
- O lugar $nbloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado;
- O lugar $bloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE está bloqueado.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar $nbloqautom$ tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;
- Em sua condição inicial, o lugar $bloqautom$ não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de abrir o disjuntor $14L3$ pode ser realizada para a *página* que modela o comando de abrir o disjuntor do vão 4B, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a do comando de abrir o disjuntor do vão 4B - associada à dinâmica do vão 4B, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo do Comando de Abrir o Disjuntor de Potência do Vão 4D

Na Figura 8.3, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, do comando de abrir o disjuntor de potência do vão 4D, $14L3$, da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor, apresentada anteriormente, foi a do disjuntor do vão 4D. Toda a dinâmica, associada ao funcionamento deste modelo, foi descrita anteriormente.

Na *página* do comando de abrir o disjuntor do vão 4D, o comando de abrir o disjuntor do vão 4D deve ocorrer no disjuntor *14L3*, para que, no vão 4D, haja sucesso no comando de abrir o disjuntor. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *a* corresponde ao disjuntor *14L3*.

Note que com esta *página* - a do comando de abrir o disjuntor do vão 4D - associada à dinâmica do vão 4D, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Considerações sobre a Etapa 5 do Procedimento de Recomposição e Desdobramentos

Observe que com estas *páginas* descritas, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, do problema de automatizar a etapa 5 - "*Confirmar abertos ou abrir os disjuntores*" - do detalhamento das etapas que a recomposição deve seguir.

Após o sucesso na etapa 5 de "*Confirmar abertos ou abrir os disjuntores*", a próxima etapa que o automatismo de recomposição deve seguir é a etapa 6 de "*Posicionar a relação de transformação do ATR 05T1 na faixa de 1 a 16*". No entanto, antes de posicionar a relação de transformação do ATR *05T1* na faixa de 1 a 16, é necessário selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para manual. Sendo assim, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso no comando de abrir o disjuntor do vão 4D, o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE é o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para manual.

Modelo do Comando de Selecionar o Comando do Comutador de Derivação em Carga para Manual do Vão 5C

Na Figura 8.7, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, do comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* da SE Sobral III para manual.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do cdc, apresentada anteriormente, foi a do cdc do ATR *05T1*. Toda a dinâmica, associada ao funcionamento deste modelo, foi descrita anteriormente.

Na *página* do comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para manual, o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para manual deve ocorrer neste cdc, para que haja sucesso no comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para manual. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *a* corresponde

ao cdc do ATR *05T1*. Quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso no comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para manual, o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE é o comando de diminuir o tap do cdc do ATR *05T1*.

Note que com esta *página* - a do comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para manual - associada à dinâmica do cdc do ATR *05T1*, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo do Comando de Diminuir a Relação de Transformação do Comutador de Derivação em Carga do Vão 5C

Na Figura 8.8, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, do comando de diminuir o tap do cdc do ATR *05T1* da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do cdc, apresentada anteriormente, foi a do cdc do ATR *05T1*. Toda a dinâmica, associada ao funcionamento deste modelo, foi descrita anteriormente.

Na *página* do comando de diminuir o tap do cdc do ATR *05T1*, o tap do cdc do ATR *05T1* deve estar na faixa ≤ 16 neste cdc, para que haja "sucesso" no comando de diminuir o tap do cdc do ATR *05T1*. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *a* corresponde ao cdc do ATR *05T1*. Quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso no comando de diminuir o tap do cdc do ATR *05T1*, o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE é o comando de fechar os disjuntores do vão 5A.

Note que com esta *página* - a do comando de diminuir o tap do cdc do ATR *05T1* - associada à dinâmica do cdc do ATR *05T1*, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Considerações sobre a Etapa 6 do Procedimento de Recomposição e Desdobramentos

Observe que com estas *páginas* descritas, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, do problema de automatizar a etapa 6 - "*Posicionar a relação de transformação do ATR 05T1 na faixa de 1 a 16*" - do detalhamento das etapas que a recomposição deve seguir.

Após o sucesso na etapa 6 de "*Posicionar a relação de transformação do ATR 05T1 na faixa de 1 a 16*", nas próximas etapas - as etapas de 7 a 17 de "*Fechar os disjuntores*" - pode-se observar a possibilidade de formulação e solução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE por vão. Nestas etapas, há uma ordem pré-estabelecida pelo normativo operacional que indica que estes comandos devem ser executados na seguinte ordem:

1. Vão 5A - Disjuntores;
2. Vão 4B - Disjuntor;
3. Vão 4D - Disjuntor;
4. Vão 5C - Disjuntores;
5. Vão 5B - Disjuntores.

Sendo assim, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso no comando de diminuir o tap do cdc do ATR 05T1, o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE é o comando de fechar os disjuntores do vão 5A.

Modelo dos Comandos de Fechar os Disjuntores de Potência do Vão 5A

Na Figura 8.22, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, dos comandos de fechar os disjuntores de potência do vão 5A da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor de potência, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar os comandos de fechar os disjuntores de potência do vão 5A. Nesta *página*, a dos comandos de fechar os disjuntores de potência do vão 5A, os comandos de fechar os disjuntores devem ocorrer nos disjuntores 15V9 e 15D1 ou 15D1 e 15V7 ou 15V9 e 15V7, para que, no vão 5A, haja sucesso nos comandos de fechar os disjuntores de potência. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha $dj(1)$ corresponde ao disjuntor 15V9, a ficha $dj(2)$ corresponde ao disjuntor 15D1 e a ficha $dj(3)$ corresponde ao disjuntor 15V7. Os comandos de fechar os disjuntores de potência do vão 5A ocorrem na seguinte ordem:

1. 15V9;
2. 15D1;

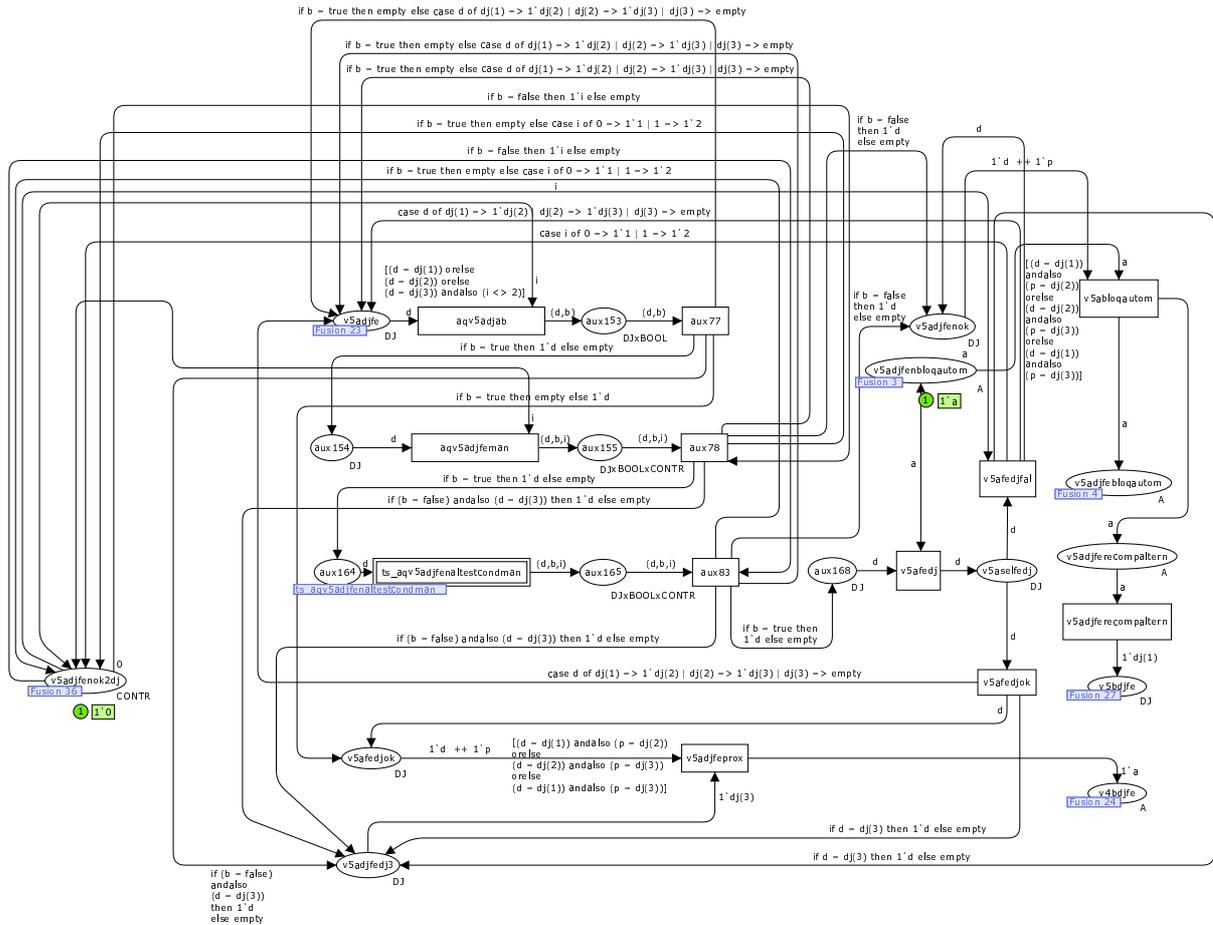


Figura 8.22: Página da Modelagem dos Comandos de Fechar dos Disjuntores de Potência do Vão 5A no Estado Inicial.

3. 15V7.

Note que:

- O lugar $v5adjfenok2dj$ → indica, de acordo com a ficha presente nele, a quantidade de disjuntores do vão 5A em que não foram possíveis os comandos de fechar. Se quaisquer dois disjuntores do vão 5A não conseguirem obter sucesso nos comandos de fechamento, a ficha 2, estará neste lugar, indicando esta condição, e desabilitando a execução da transição $aqv5adjab$, visto que, nesta condição, o automatismo de recomposição de SE, no vão 5A, não terá obtido sucesso nas tentativas de comandos de fechamento dos disjuntores, o que gerará um bloqueio do automatismo de recomposição de SE, para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A, e apenas a transição $v5abloqautom$ estará habilitada nesta condição;
- O lugar $v5adjfedj3$ → indica, de acordo com a presença da ficha $dj(3)$ nele, se no disjuntor $dj(3)$, 15V7, foi comandado o fechamento. Esta condição é "imprescindível"

para que, após os comandos de fechamento dos disjuntores do vão 5A serem executados com sucesso, o automatismo de recomposição de SE passe para o próximo passo;

- O lugar $v5adjfenbloqautom$ \rightarrow indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A;
- O lugar $v5adjfebloqautom$ \rightarrow indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE está bloqueado para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A;
- O lugar $v5adjfenok$ \rightarrow indica, de acordo com as fichas presentes nele, os disjuntores do vão 5A que não obtiveram sucesso nas tentativas de comandos de fechamento;
- A transição $v5abloqautom$ \rightarrow quando dispara, retira uma ficha a do lugar $v5adjfenbloqautom$, retira duas fichas, d e p , do lugar $v5adjfenok$, coloca uma ficha a no lugar $v5adjfebloqautom$ e coloca uma ficha a no lugar $v5adjferecompaltern$;
- O lugar $v5adjferecompaltern$ \rightarrow indica, quando da presença de uma ficha a nele, que os comandos de fechamento dos disjuntores do vão 5A não obtiveram sucesso e habilita a transição $v5adjferecompaltern$, indicando que um plano alternativo para que o automatismo de recomposição de SE tenha sucesso é necessário;
- A transição $v5adjferecompaltern$ \rightarrow quando dispara, retira uma ficha a do lugar $v5adjferecompaltern$ e coloca uma ficha $dj(1)$ no lugar $v5bdjfe$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é os comandos de fechamento dos disjuntores do vão 5B, quando o automatismo de recomposição de SE não obtém sucesso nos comandos de fechamento dos disjuntores do vão 5A. Caso o automatismo de recomposição de SE tenha sucesso nos comandos de fechamento dos disjuntores do vão 5A, a transição $v5adjfeprox$ estará habilitada;
- A transição $v5adjfeprox$ \rightarrow quando dispara, retira duas fichas, d e p , do lugar $v5afedjok$, retira uma ficha $dj(3)$ do lugar $v5adjfedj3$ e coloca uma ficha a no lugar $v4bdjfe$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é o comando de fechamento do disjuntor do vão 4B, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso nos comandos de fechamento dos disjuntores do vão 5A.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar $v5adjfenbloqautom$ tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A;
- Em sua condição inicial, o lugar $v5adjfebloqautom$ não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de fechar o disjuntor $14L3$ pode ser realizada para a *página* que modela os comandos de fechar os disjuntores do vão 5A, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a dos comandos de fechar os disjuntores do vão 5A - associada à dinâmica do vão 5A, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo do Comando de Fechar o Disjuntor de Potência do Vão 4B

Na Figura 8.23, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, do comando de fechar o disjuntor do vão 4B, $14L2$, da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor de potência, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar o comando de fechar o disjuntor de potência do vão 4B, $14L2$. Nesta *página*, a do comando de fechar o disjuntor de potência do vão 4B, o comando de fechar deve ocorrer no disjuntor $14L2$, para que, no vão 4B, haja sucesso no comando de fechar o disjuntor de potência. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha a corresponde ao disjuntor $14L2$.

Note que:

- O lugar $v4bfdjok \rightarrow$ indica, de acordo com a presença da ficha a nele, se, no disjuntor do vão 4B, foi comandado o fechamento com sucesso. Se o comando de fechamento do disjuntor $14L2$ for executado com sucesso, a ficha a estará neste lugar, indicando esta condição e habilitando a execução da transição $v4bdjfeprox$, visto que, nesta condição, o automatismo de recomposição de SE, no vão 4B, terá obtido sucesso na tentativa de comando de fechamento do disjuntor $14L2$;

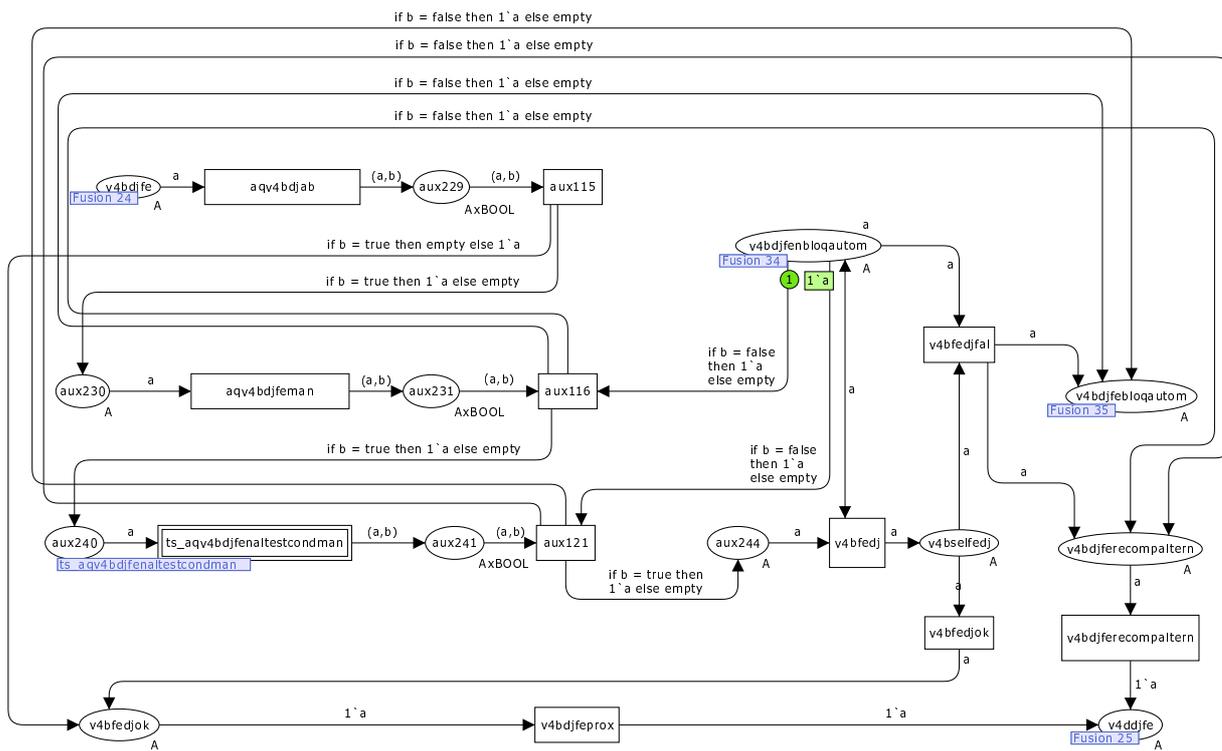


Figura 8.23: Página da Modelagem do Comando de Fechar do Disjuntor de Potência 14L2 no Estado Inicial.

- A transição $v4bdjfeprox \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha a do lugar $v4bdfedjok$ e coloca uma ficha a no lugar $v4ddjfe$;
- O lugar $v4ddjfe \rightarrow$ indica, de acordo com a presença da ficha a nele, o próximo passo do automatismo de recomposição de SE, quando se obtém sucesso no comando de fechar o disjuntor 14L2, que é comandar o fechamento do disjuntor do vão 4D, 14L3;
- O lugar $v4bdjfenbloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado para comandar o fechamento do disjuntor do vão 4B;
- O lugar $v4bdjfebloqautom \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha a presente nele, se o automatismo de recomposição de SE está bloqueado para comandar o fechamento do disjuntor do vão 4B;
- O lugar $v4bdjfererecompaltern \rightarrow$ indica, quando da presença de uma ficha a nele, que o comando de fechar o disjuntor do vão 4B não obteve sucesso e habilita a transição $v4bdjfererecompaltern$, indicando que um plano alternativo para que o automatismo de recomposição de SE tenha sucesso é necessário;
- A transição $v4bdjfererecompaltern \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha a do lugar $v4bdjfererecompaltern$ e coloca uma ficha a no lugar $v4ddjfe$, indicando o próximo

passo para o automatismo de recomposição de SE, que é o comando de fechar o disjuntor do vão 4D, quando o automatismo de recomposição de SE não obtém sucesso no comando de fechar o disjuntor do vão 4B.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar $v4bdjfenbloqautom$ tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada para comandar o fechamento do disjuntor do vão 4B;
- Em sua condição inicial, o lugar $v4bdjfebloqautom$ não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada para comandar o fechamento do disjuntor do vão 4B.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de fechar o disjuntor $14L3$ pode ser realizada para a *página* que modela o comando de fechar o disjuntor do vão 4B, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a do comando de fechar o disjuntor do vão 4B - associada à dinâmica do vão 4B, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo do Comando de Fechar o Disjuntor de Potência do Vão 4D

Na Figura 8.4, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, do comando de fechar o disjuntor do vão 4D, $14L3$, da SE Sobral III.

Observe que na modelagem, em RPCHs, do disjuntor de potência, apresentada anteriormente, já foi descrito este modelo do comando de fechar o disjuntor de potência do vão 4D, $14L3$. Nesta *página*, a do comando de fechar o disjuntor de potência do vão 4D, o comando de fechar deve ocorrer no disjuntor $14L3$, para que, no vão 4D, haja sucesso no comando de fechar o disjuntor de potência. Se o comando de fechar o disjuntor $14L3$ não obtiver sucesso, por questões de segurança e confiabilidade da solução proposta, o automatismo de recomposição de SE é bloqueado, visto que esta manobra é "imprescindível" para que o plano de recomposição automática de SE tenha sucesso. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha a corresponde ao disjuntor $14L3$.

Note que com esta *página* - a do comando de fechar o disjuntor do vão 4D - associada à dinâmica do vão 4D, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo dos Comandos de Fechar os Disjuntores de Potência do Vão 5C

Na Figura 8.24, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, dos comandos de fechar os disjuntores do vão 5C da SE Sobral III.

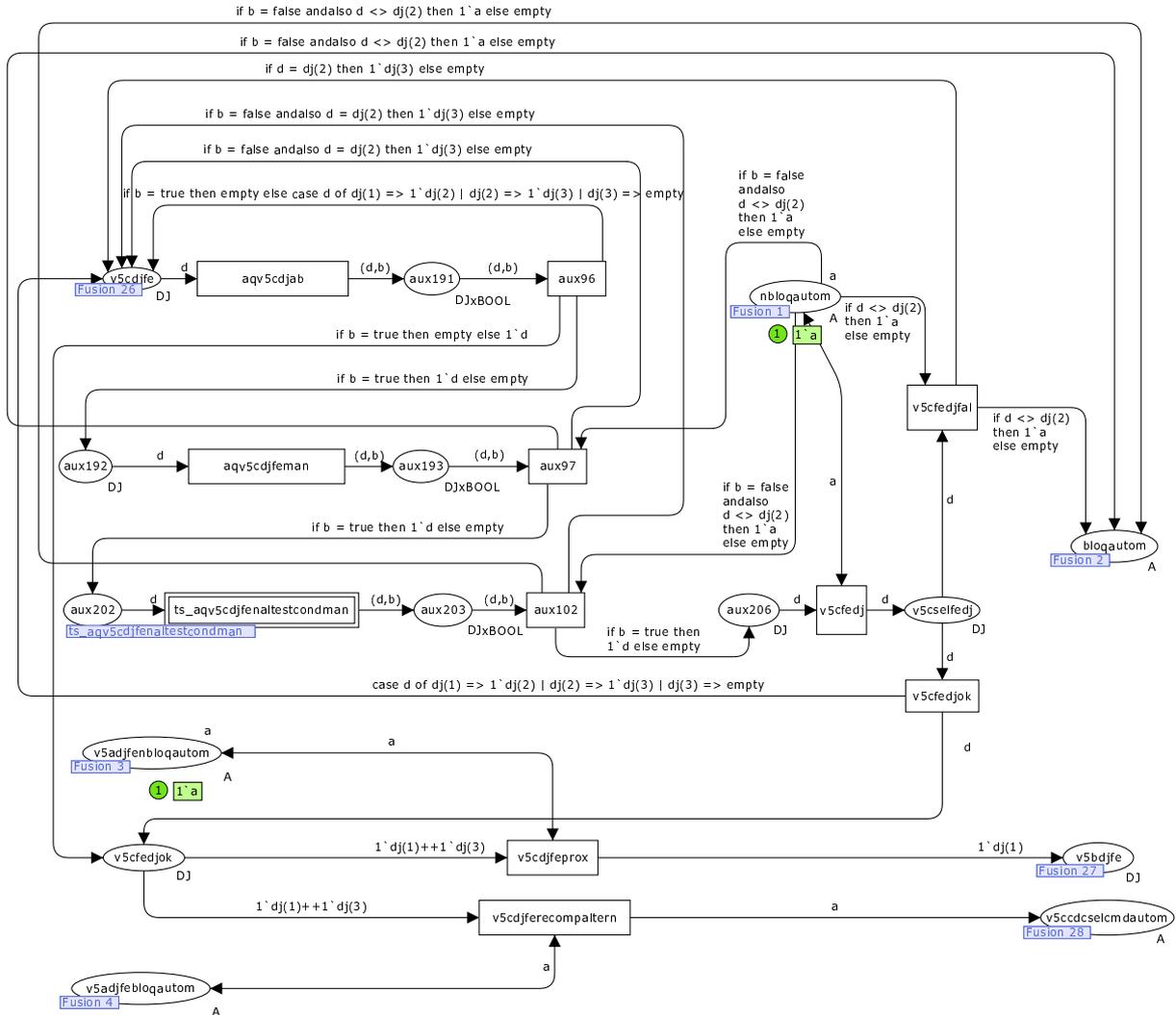


Figura 8.24: *Página* da Modelagem dos Comandos de Fechar dos Disjuntores de Potência do Vão 5C no Estado Inicial.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor de potência, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar os comandos de fechar os disjuntores de potência do vão 5C. Nesta *página*, a dos comandos de fechar os disjuntores de potência do vão 5C, os comandos de fechar devem ocorrer nos disjuntores 15T1 e 14T1, para que, no vão 5C, haja sucesso nos comandos de fechar os disjuntores de potência. Se o comando de fechar o disjuntor 15T1 ou o comando de fechar o disjuntor 14T1 não obtiver sucesso,

por questões de segurança e confiabilidade da solução proposta, o automatismo de recomposição de SE é bloqueado, visto que estas manobras são "imprescindíveis" para que o plano de recomposição automática de SE tenha sucesso. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha $dj(1)$ corresponde ao disjuntor $15T1$, a ficha $dj(2)$ corresponde ao disjuntor $15D3$ e a ficha $dj(3)$ corresponde ao disjuntor $14T1$. Os comandos de fechar os disjuntores de potência do vão 5C ocorrem na seguinte ordem:

1. $15T1$;
2. $15D3$;
3. $14T1$.

Note que:

- O lugar $v5cfedjok \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha presente nele, os disjuntores do vão 5C que tiveram sucesso nos comandos de fechar. Se os disjuntores $15T1$ e $14T1$ do vão 5C obtiverem sucesso nos comandos de fechar, as fichas $dj(1)$ e $dj(3)$ estarão neste lugar, indicando esta condição. Nesta condição, caso o automatismo de recomposição de SE não esteja bloqueado para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A, representado pela presença da ficha a no lugar $v5adjfenbloqautom$, a transição $v5cdjfeprox$ estará habilitada. No entanto, nesta mesma condição, caso o automatismo de recomposição de SE esteja bloqueado para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A, representado pela presença da ficha a no lugar $v5adjfebloqautom$, a transição $v5cdjfercompalterm$ estará habilitada, indicando que um plano alternativo para que o automatismo de recomposição de SE tenha sucesso é necessário;
- A transição $v5cdjfeprox \rightarrow$ quando disparar, retira uma ficha $dj(1)$ e uma ficha $dj(3)$ do lugar $v5cfedjok$, retira uma ficha a do lugar $v5adjfenbloqautom$, coloca uma ficha a no lugar $v5adjfenbloqautom$ e coloca uma ficha $dj(1)$ no lugar $v5bdjfe$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é o comando de fechar os disjuntores do vão 5B, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso nos comandos de fechar os disjuntores do vão 5C e o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A;
- A transição $v5cdjfercompalterm \rightarrow$ quando disparar, retira uma ficha $dj(1)$ e uma ficha $dj(3)$ do lugar $v5cfedjok$, retira uma ficha a do lugar $v5adjfebloqautom$, coloca uma ficha a no lugar $v5adjfebloqautom$ e coloca uma ficha a no lugar

v5ccdcselecmdautom, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é o comando de selecionar o comando do cdc do ATR *05T1* para automático, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso nos comandos de fechar os disjuntores do vão 5C e o automatismo de recomposição de SE está bloqueado para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar *nbloqautom* tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;
- Em sua condição inicial, o lugar *bloqautom* não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de fechar o disjuntor *14L3* pode ser realizada para a *página* que modela os comandos de fechar os disjuntores do vão 5C, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a dos comandos de fechar os disjuntores do vão 5C - associada à dinâmica do vão 5C, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Modelo dos Comandos de Fechar os Disjuntores de Potência do Vão 5B

Na Figura 8.25, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, dos comandos de fechar os disjuntores do vão 5B da SE Sobral III.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do disjuntor de potência, apresentada anteriormente, foi utilizada para modelar os comandos de fechar os disjuntores de potência do vão 5B. Nesta *página*, a dos comandos de fechar os disjuntores de potência do vão 5B, os comandos de fechar devem ocorrer nos disjuntores *15V8* e *15V6*, para que, no vão 5B, haja sucesso nos comandos de fechar os disjuntores de potência. Se o comando de fechar o disjuntor *15V8* ou o comando de fechar o disjuntor *15V6* não obtiver sucesso, por questões de segurança e confiabilidade da solução proposta, o automatismo de recomposição de SE é bloqueado, visto que estas manobras são "imprescindíveis" para que o plano de recomposição automática de SE tenha sucesso. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *dj(1)* corresponde ao disjuntor *15V8*, a ficha *dj(2)* corresponde ao

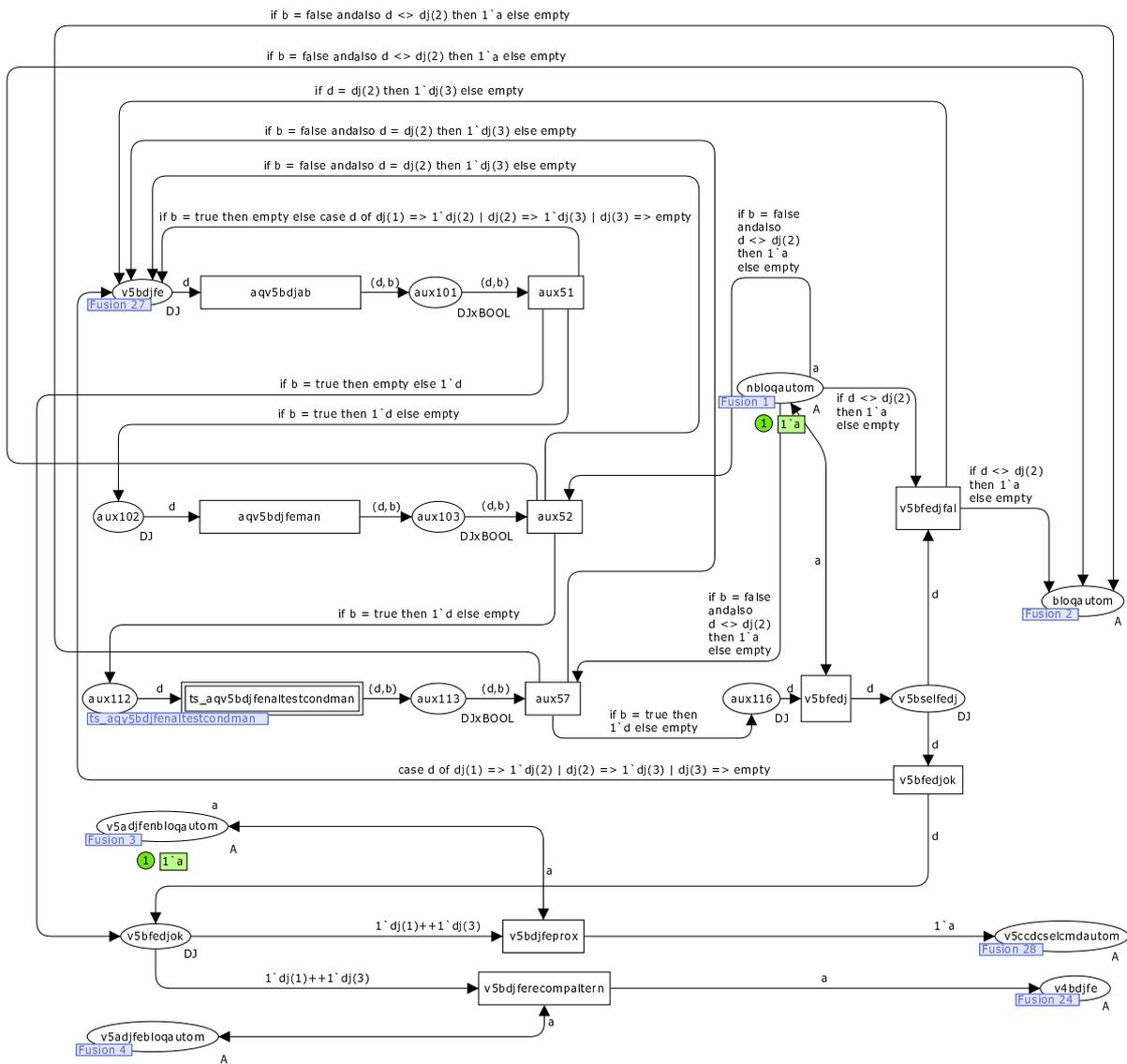


Figura 8.25: Página da Modelagem dos Comandos de Fechar dos Disjuntores de Potência do Vão 5B no Estado Inicial.

disjuntor 15D2 e a ficha $dj(3)$ corresponde ao disjuntor 15V6. Os comandos de fechar os disjuntores de potência do vão 5B ocorrem na seguinte ordem:

1. 15V8;
2. 15D2;
3. 15V6.

Note que:

- O lugar $v5bfedjok \rightarrow$ indica, de acordo com a ficha presente nele, os disjuntores do vão 5B que tiveram sucesso nos comandos de fechar. Se os disjuntores 15V8 e 15V6

do vão 5B obtiverem sucesso nos comandos de fechar, as fichas $dj(1)$ e $dj(3)$ estarão neste lugar, indicando esta condição. Nesta condição, caso o automatismo de recomposição de SE não esteja bloqueado para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A, representado pela presença da ficha a no lugar $v5adjfenbloqautom$, a transição $v5bdjfeprox$ estará habilitada. No entanto, nesta mesma condição, caso o automatismo de recomposição de SE esteja bloqueado para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A, representado pela presença da ficha a no lugar $v5adjfebloqautom$, a transição $v5bdjfercompaltern$ estará habilitada, indicando que um plano alternativo para que o automatismo de recomposição de SE tenha sucesso é necessário;

- A transição $v5bdjfeprox \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha $dj(1)$ e uma ficha $dj(3)$ do lugar $v5bfedjok$, retira uma ficha a do lugar $v5adjfenbloqautom$, coloca uma ficha a no lugar $v5adjfenbloqautom$ e coloca uma ficha a no lugar $v5ccdcselecmdautom$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é o comando de selecionar o comando do cdc do ATR $05T1$ para automático, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso nos comandos de fechar os disjuntores do vão 5B e o automatismo de recomposição de SE não está bloqueado para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A;
- A transição $v5bdjfercompaltern \rightarrow$ quando dispara, retira uma ficha $dj(1)$ e uma ficha $dj(3)$ do lugar $v5bfedjok$, retira uma ficha a do lugar $v5adjfebloqautom$, coloca uma ficha a no lugar $v5adjfebloqautom$ e coloca uma ficha a no lugar $v4bdjfe$, indicando o próximo passo para o automatismo de recomposição de SE, que é o comando de fechar o disjuntor do vão 4B, quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso nos comandos de fechar os disjuntores do vão 5B e o automatismo de recomposição de SE está bloqueado para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A.

Observe que:

- Em sua condição inicial, o lugar $nbloqautom$ tem uma ficha, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada;
- Em sua condição inicial, o lugar $bloqautom$ não tem ficha alguma, indicando que a aplicação de automatismo de recomposição de SE não está bloqueada.

Análise semelhante a que foi realizada, anteriormente, para a *página* que modela o comando de fechar o disjuntor $14L3$ pode ser realizada para a *página* que modela os

comandos de fechar os disjuntores do vão 5B, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade deste modelo em RPCHs.

Note que com esta *página* - a dos comandos de fechar os disjuntores do vão 5B - associada à dinâmica do vão 5B, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Considerações sobre as Etapas de 7 a 17 do Procedimento de Recomposição e Desdobramentos

Observe que com estas *páginas* descritas, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, do problema de automatizar as etapas de 7 a 17 de "*Fechar os disjuntores*" do detalhamento das etapas que a recomposição deve seguir.

Após o sucesso nas etapas de 7 a 17 de "*Fechar os disjuntores*", a próxima etapa, visando à formulação e à solução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, é a de "*Selecionar o CDC do ATR 05T1 para Automático*". Embora esta etapa não esteja descrita no normativo operacional que estabelece as manobras que devem ser realizadas, quando da necessidade de recompor SE e, conseqüentemente, não esteja também descrita no detalhamento das etapas que a recomposição deve seguir, já apresentado no Capítulo 4, ela é "imprescindível" para que a regulação e o paralelismo do ATR 05T1 sejam realizados de modo automático. Logo, esta etapa de "*Selecionar o CDC do ATR 05T1 para Automático*" foi também considerada na solução proposta neste trabalho para automatizar os procedimentos de recomposição de SE, através da modelagem em RPCHs.

Modelo do Comando de Selecionar o Comando do Comutador de Derivação em Carga para Automático do Vão 5C

Na Figura 8.9, tem-se a *página* da formulação, em RPCHs, do comando de selecionar o comando do cdc do ATR 05T1 da SE Sobral III para automático.

As definições dos *lugares*, *transições* e *marcações* estão relacionadas à dinâmica que se deseja modelar, de acordo com o normativo operacional, e foram estabelecidas, utilizando-se os mesmos conceitos anteriores de modelagem.

Observe que a modelagem, em RPCHs, do cdc, apresentada anteriormente, foi a do cdc do ATR 05T1. Toda a dinâmica, associada ao funcionamento deste modelo, foi descrita anteriormente.

Na *página* do comando de selecionar o comando do cdc do ATR 05T1 para automático, o comando de selecionar o comando do cdc do ATR 05T1 para automático deve ocorrer neste cdc, para que haja sucesso no comando de selecionar o comando do cdc do ATR

05T1 para automático. Na modelagem, em RPCHs, no CPN Tools, a ficha *a* corresponde ao cdc do ATR 05T1. Quando o automatismo de recomposição de SE obtém sucesso no comando de selecionar o comando do cdc do ATR 05T1 para automático, o automatismo de recomposição de SE, proposto neste trabalho, através da modelagem em RPCHs, é concluído com sucesso.

Note que com esta *página* - a do comando de selecionar o comando do cdc do ATR 05T1 para automático - associada à dinâmica do cdc do ATR 05T1, para fins de uso nas manobras de recomposição de SE, têm-se a formulação e a resolução, através da modelagem em RPCHs, de parte do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

Na Figura 8.26, têm-se as declarações do modelo proposto.



```

▼ Declarations
  ▼ Standard declarations
    ▼ val h = 33;
    ▼ val n = 3;
    ▼ val m = 2;
    ▼ val l = 2;
    ▼ colset UNIT = unit;
    ▼ colset INT = int;
    ▼ colset BOOL = bool;
    ▼ colset STRING = string;
    ▼ colset A = with a;
    ▼ colset TAP = int with 1..h;
    ▼ colset CONTR = int with 0..j;
    ▼ colset DJ = index dj with 1..n;
    ▼ colset CH = index ch with 1..m;
    ▼ colset DJxBOOL = product DJ*BOOL;
    ▼ colset DJxBOOLxCONTR = product DJ*BOOL*CONTR;
    ▼ colset CHxBOOL = product CH*BOOL;
    ▼ colset AxBOOL = product A*BOOL;
    ▼ colset AxTAP = product A*TAP;
    ▼ var b: BOOL;
    ▼ var t: TAP;
    ▼ var i: CONTR;
    ▼ var d, p: DJ;
    ▼ var c: CH;
  
```

Figura 8.26: Declarações do Modelo Proposto.

8.7 Considerações Parciais

Observe que, após a apresentação das *páginas* que compõem o "modelo global" da formulação e da resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através da modelagem em RPCHs, é necessária uma sistemática que integre todas estas *páginas* e realize com eficiência o automatismo de recomposição de SE. A solução para este problema de sistemática de integração é o uso de hierarquia, mais especificamente, *lugares de fusão*, na modelagem em RPCHs.

Note que os *lugares* comuns do "modelo global" estão com a mesma *marcação*, devido ao uso na modelagem, em RPCHs, da hierarquia nestes modelos, mais especificamente, *lugares de fusão*.

Observe que todas as *páginas* que compõem o "modelo global" da formulação e da resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através da modelagem em RPCHs, são integradas, de acordo com o normativo operacional, pelo uso da hierarquia, mais especificamente, *lugares de fusão*. Por exemplo, na *página* da modelagem dos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5A, se os disjuntores deste vão tiverem sucesso nos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l associados a estes disjuntores, uma ficha é colocada no lugar *v5b86lres* desta *página*, indicando o próximo passo do automatismo de recomposição de SE que é comandar os "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5B, após com sucesso comandar os "reset" dos relés de bloqueio 86l associados aos disjuntores do vão 5A. O uso da hierarquia, em RPCHs, mais especificamente, *lugar de fusão*, no lugar *v5b86lres*, faz com que o lugar *v5b86lres* seja o mesmo nas *páginas* das modelagens dos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores dos vãos 5A e 5B. Após com sucesso o automatismo de recomposição de SE comandar os "reset" dos relés de bloqueio 86l associados aos disjuntores do vão 5A, o lugar *v5b86lres* terá uma ficha e a dinâmica da *página* da modelagem dos comandos de "reset" dos relés de bloqueio 86l dos disjuntores do vão 5B é realizada. Esta mesma sistemática de uso de *lugares de fusão* é realizada em toda a modelagem, tendo como objetivo o automatismo de recomposição de SE, de acordo com o normativo operacional. Tendo, assim, a formulação e a resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE sido realizada, através da modelagem em RPCHs.

A ordem com que estas *páginas*, que compõem o "modelo global" da formulação e da resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através da modelagem em RPCHs, são integradas e, conseqüentemente, são executadas é, de acordo com o plano de recomposição de SE, estabelecida a seguir.

1. *se_estado*;
2. *se_controle*;
3. *vao5a_disjuntores_86l_reset* → se os comandos de "reset" dos relés de bloqueio dos disjuntores do vão 5A ocorrerem com sucesso ou não, o próximo passo do automatismo de recomposição de SE é comandar os "reset" dos relés de bloqueio dos disjuntores do vão 5B;
4. *vao5b_disjuntores_86l_reset*;
5. *vao5c_disjuntores_86l_reset*;
6. *vao4b_disjuntor_86l_reset* → se o comando de "reset" do relé de bloqueio do disjuntor do vão 4B ocorrer com sucesso ou não, o próximo passo do automatismo

de recomposição de SE é comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor do vão 4D;

7. *vao4d_disjuntor_86l_reset*;
8. *vao5c_cdc_86c_reset*;
9. *vao5a_reatores_chaves_fechamento* → se os comandos de fechar as chaves seccionadoras associadas aos reatores do vão 5A ocorrerem com sucesso ou não, o próximo passo do automatismo de recomposição de SE é comandar os fechamentos das chaves seccionadoras associadas aos reatores do vão 5B;
10. *vao5b_reatores_chaves_fechamento*;
11. *vao5a_disjuntores_abertura*;
12. *vao5b_disjuntores_abertura*;
13. *vao5c_disjuntores_abertura*;
14. *vaobt230_disjuntor_abertura*;
15. *vao4b_disjuntor_abertura*;
16. *vao4d_disjuntor_abertura*;
17. *vao5c_cdc_selecao_comando_manual*;
18. *vao5c_cdc_comando_diminuir*;
19. *vao5a_disjuntores_fechamento* → se os comandos de fechar os disjuntores do vão 5A ocorrerem com sucesso, o próximo passo do automatismo de recomposição de SE é comandar o fechamento do disjuntor do vão 4B. No entanto, se os comandos de fechar os disjuntores do vão 5A não ocorrerem com sucesso, o próximo passo do automatismo de recomposição de SE é comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5B;
20. *vao4b_disjuntor_fechamento* → se o comando de fechar o disjuntor do vão 4B ocorrer com sucesso ou não, o próximo passo do automatismo de recomposição de SE é comandar o fechamento do disjuntor do vão 4D;
21. *vao4d_disjuntor_fechamento*;

22. *vao5c_disjuntores_fechamento* → se os comandos de fechar os disjuntores do vão 5C ocorrerem com sucesso e o automatismo para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A não estiver bloqueado, o próximo passo do automatismo de recomposição de SE é comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5B. No entanto, se os comandos de fechar os disjuntores do vão 5C ocorrerem com sucesso e o automatismo para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A estiver bloqueado, o próximo passo do automatismo de recomposição de SE é comandar a seleção do modo de comando do cdc do ATR *05T1* para automático;
23. *vao5b_disjuntores_fechamento* → se os comandos de fechar os disjuntores do vão 5B ocorrerem com sucesso e o automatismo para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A não estiver bloqueado, o próximo passo do automatismo de recomposição de SE é comandar a seleção do modo de comando do cdc do ATR *05T1* para automático. No entanto, se os comandos de fechar os disjuntores do vão 5B ocorrerem com sucesso e o automatismo para comandar os fechamentos dos disjuntores do vão 5A estiver bloqueado, o próximo passo do automatismo de recomposição de SE é comandar o fechamento do disjuntor do vão 4B;
24. *vao5c_cdc_selecao_comando_automatico*.

Note que planos "alternativos", de acordo com o plano de recomposição de SE, estão também sendo contemplados nesta modelagem, em RPCHs, através da estrutura da rede.

8.7.1 As Transições de Substituição do Modelo Proposto

Observe que, associada a cada *página*, descrita anteriormente, do modelo proposto neste trabalho para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através da modelagem em RPCHs, há uma etapa relacionada à "*Não houve alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*". Considerando a ordem de execução destas *páginas* estabelecida anteriormente, a partir da página *vao5b_disjuntores_86l_reset* em diante, foi realizada a modelagem da aquisição desta informação do sistema supervisor, através de *transição de substituição*, devido à metodologia e à escalabilidade da solução proposta neste trabalho. Estas etapas de "*Não houve alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*" são funções lógicas booleanas de recomposição, já explicadas anteriormente, dos passos executados pelo automatismo de recomposição de SE até a etapa que se quer avaliar estas funções.

A Transição de Substituição da Página "vao5b_disjuntores_86l_reset"

Toma-se a *transição de substituição* $ts_aqv5b86lresnaltestcondman$ da *página* $vao5b_disjuntores_86l_reset$ para análise. Note que o automatismo de recomposição de SE, através da modelagem em RPCHs, pode alcançar esta *página*, tendo obtido sucesso ou não na etapa do automatismo de recomposição de SE, associada à *página* $vao5a_disjuntores_86l_reset$. A aquisição da informação do sistema supervisorio da pré-condição "*Não houve alteração dos estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*", associada à *página* $vao5b_disjuntores_86l_reset$ é uma função lógica booleana de recomposição que depende do sucesso ou não da etapa do automatismo de recomposição de SE, associada à *página* $vao5a_disjuntores_86l_reset$, ou seja, se houver sucesso na etapa do automatismo de recomposição de SE, associada à *página* $vao5a_disjuntores_86l_reset$, a *transição* $aqv5b86lresnaltestcondman$ da *sub-página* da *transição de substituição* $ts_aqv5b86lresnaltestcondman$ da *super-página* $vao5b_disjuntores_86l_reset$ estará habilitada e a função lógica booleana de recomposição associada a esta *transição*, z_1 , é do tipo:

$$z_1 = y_1 + y_2 + y_3 + y_4. \quad (8.14)$$

Onde:

y_1 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Identificado o desligamento da SE como geral*", relativa à *página* se_estado das etapas do automatismo de recomposição de SE;

y_2 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Selecionado a SE para operar pelo N2*", relativa à *página* $se_controle$ das etapas do automatismo de recomposição de SE;

y_3 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Reset dos relés de bloqueio dos disjuntores do vão 5A obtiveram sucesso*", relativa à *página* $vao5a_disjuntores_86l_reset$ das etapas do automatismo de recomposição de SE;

y_4 é a função lógica booleana, *ou*, associada às pré-condições das *transições* " $aqv5b86lresnok$ " e " $aqv5b86lresman$ ", relativas à *página* $vao5b_disjuntores_86l_reset$ das etapas do automatismo de recomposição de SE;

No entanto, se não houver sucesso na etapa do automatismo de recomposição de SE, associada à *página* $vao5a_disjuntores_86l_reset$, a *transição* $aqv5b86lresnaltestcondmanrecompaltern1$ da *sub-página* da *transição de substituição* $ts_aqv5b86lresnaltestcondman$ da *super-página* $vao5b_disjuntores_86l_reset$ estará habilitada e a função lógica booleana de recomposição associada a esta *transição*, z_2 , é do tipo:

$$z_2 = y_1 + y_2 + y_3 + y_4. \quad (8.15)$$

Onde:

y_1 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Identificado o desligamento da SE como geral*", relativa à página *se_estado* das etapas do automatismo de recomposição de SE;

y_2 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Selecionado a SE para operar pelo N2*", relativa à página *se_controle* das etapas do automatismo de recomposição de SE;

y_3 é a função lógica booleana associada à pré-condição "*Reset dos relés de bloqueio dos disjuntores do vão 5A não obtiveram sucesso*", relativa à página *vao5a_disjuntores_86l_reset* das etapas do automatismo de recomposição de SE;

y_4 é a função lógica booleana, *ou*, associada às pré-condições das transições "*aqv5b86lresnok*" e "*aqv5b86lresman*", relativas à página *vao5b_disjuntores_86l_reset* das etapas do automatismo de recomposição de SE;

Na sub-página da transição de substituição *ts_aqv5b86lresnaltestcondman*, observe que os lugares *aux72* e *v5a86lresnbloqautom* são responsáveis pela habilitação da transição *aqv5b86lresnaltestcondman*, enquanto que os lugares *aux72* e *v5a86lresbloqautom* são responsáveis pela habilitação da transição *aqv5b86lresnaltestcondmanrecompaltern1*. Os lugares *v5a86lresnbloqautom* e *v5a86lresbloqautom* funcionam como um "multiplexador" para habilitar as transições da sub-página *ts_aqv5b86lresnaltestcondman*, associada à transição de substituição *ts_aqv5b86lresnaltestcondman* da super-página *vao5b_disjuntores_86l_reset*. De acordo com a presença ou ausência de fichas *a* nos lugares *v5a86lresnbloqautom* e *v5a86lresbloqautom*, apenas uma transição estará habilitada, nestes estados das RPDs modeladas (transição de substituição *ts_aqv5b86lresnaltestcondman* habilitada) na sub-página desta transição de substituição. Estes lugares são excludentes, ou seja, o fato de haver uma ficha *a* no lugar *v5a86lresnbloqautom* indica, necessariamente, que não há uma ficha *a* no lugar *v5a86lresbloqautom* e vice-versa. Os lugares *v5a86lresnbloqautom* e *v5a86lresbloqautom* indicam se a aplicação para automatizar os procedimentos de recomposição de SE alcançou esta transição de substituição *ts_aqv5b86lresnaltestcondman*, obtendo sucesso ou não, respectivamente, nos comandos de "reset" dos relés de bloqueio dos disjuntores do vão 5A. O número de transições da sub-página *ts_aqv5b86lresnaltestcondman* é uma combinação de todas as possibilidades da presença ou ausência de fichas *a* nestes lugares, *v5a86lresnbloqautom* e *v5a86lresbloqautom*, ou seja, dois.

Os caminhos que as RPDs modeladas, neste trabalho, podem percorrer até alcançar o estado de habilitação da transição de substituição *ts_aqv5b86lresnaltestcondman* são

todos representados pelas transições da *sub-página* *ts_aqv5b86lresnaltestcondman*. Cada transição da *sub-página* *ts_aqv5b86lresnaltestcondman* está associada a uma função lógica booleana de recomposição que indica os estados das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas pelo automatismo de recomposição até alcançar estes estados das RPCHs (*transição de substituição* *ts_aqv5b86lresnaltestcondman* habilitada).

Na Figura 8.27, tem-se a *sub-página* da *transição de substituição* *ts_aqv5b86lresnaltestcondman* associada à *super-página* *vao5b_disjuntores_86l_reset* no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

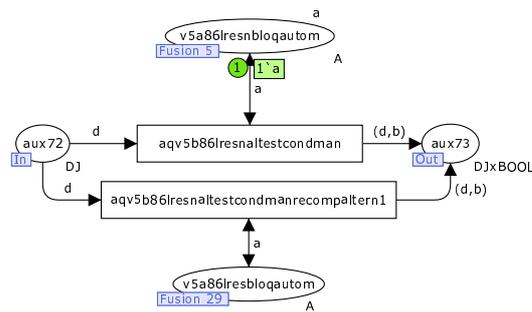


Figura 8.27: *Sub-Página* da *Transição de Substituição* *ts_aqv5b86lresnaltestcondman* no Estado Inicial.

Análise semelhante a que foi realizada, para a *sub-página* da *transição de substituição* *ts_aqv5b86lresnaltestcondman*, associada à *super-página* *vao5b_disjuntores_86l_reset*, que modela os comandos de fechar os disjuntores do vão 5B, pode ser realizada para as demais *super-páginas* da modelagem, em RPCHs, da solução proposta neste trabalho para automatizar os procedimentos de recomposição de SE, se se desejar uma melhor compreensão da funcionalidade destas *transições de substituição*.

As demais *transições de substituição* do modelo proposto são apresentadas a seguir.

A Transição de Substituição da Página "vao5c_disjuntores_86l_reset"

Na Figura 8.28, tem-se a *sub-página* da *transição de substituição* *ts_aqv5c86lresnaltestcondman* associada à *super-página* *vao5c_disjuntores_86l_reset* no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

A Transição de Substituição da Página "vao4b_disjuntor_86l_reset"

Na Figura 8.29, tem-se a *sub-página* da *transição de substituição* *ts_aqv4b86lresnaltestcondman* associada à *super-página* *vao4b_disjuntor_86l_reset* no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

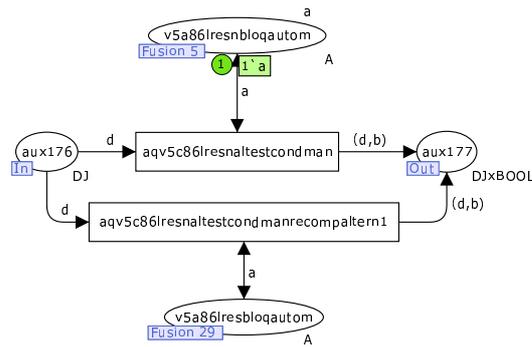


Figura 8.28: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv5c86lresnaltestcondman$ no Estado Inicial.

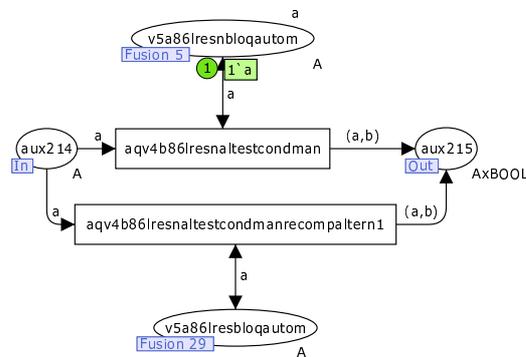


Figura 8.29: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv4b86lresnaltestcondman$ no Estado Inicial.

A Transição de Substituição da Página "vao4d_disjuntor_86l_reset"

Na Figura 8.30, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv4d86lresnaltestcondman$ associada à super-página $vao4d_disjuntor_86l_reset$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

A Transição de Substituição da Página "vao5c_cdc_86c_reset"

Na Figura 8.31, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv5ccdc86cresnaltestcondman$ associada à super-página $vao5c_cdc_86c_reset$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

A Transição de Substituição da Página "vao5a_reatores_chaves_fechamento"

Na Figura 8.32, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv5areachfenaltestcondman$ associada à super-página $vao5a_reatores_chaves_fechamento$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

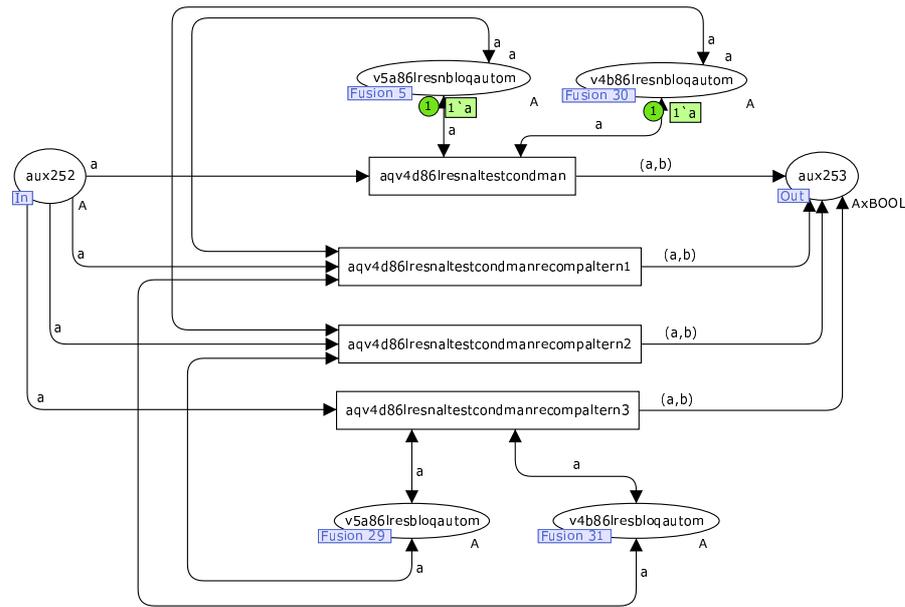


Figura 8.30: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv4d86lresnaltestcondman$ no Estado Inicial.

A Transição de Substituição da Página "vao5b_reatores_chaves_fechamento"

Na Figura 8.33, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv5breachfenaltestcondman$ associada à super-página $vao5b_reatores_chaves_fechamento$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

A Transição de Substituição da Página "vao5a_disjuntores_abertura"

Na Figura 8.34, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv5adjabnaltestcondman$ associada à super-página $vao5a_disjuntores_abertura$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

A Transição de Substituição da Página "vao5b_disjuntores_abertura"

Na Figura 8.35, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv5bdjabnaltestcondman$ associada à super-página $vao5b_disjuntores_abertura$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

A Transição de Substituição da Página "vao5c_disjuntores_abertura"

Na Figura 8.36, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv5cdjabnaltestcondman$ associada à super-página $vao5c_disjuntores_abertura$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

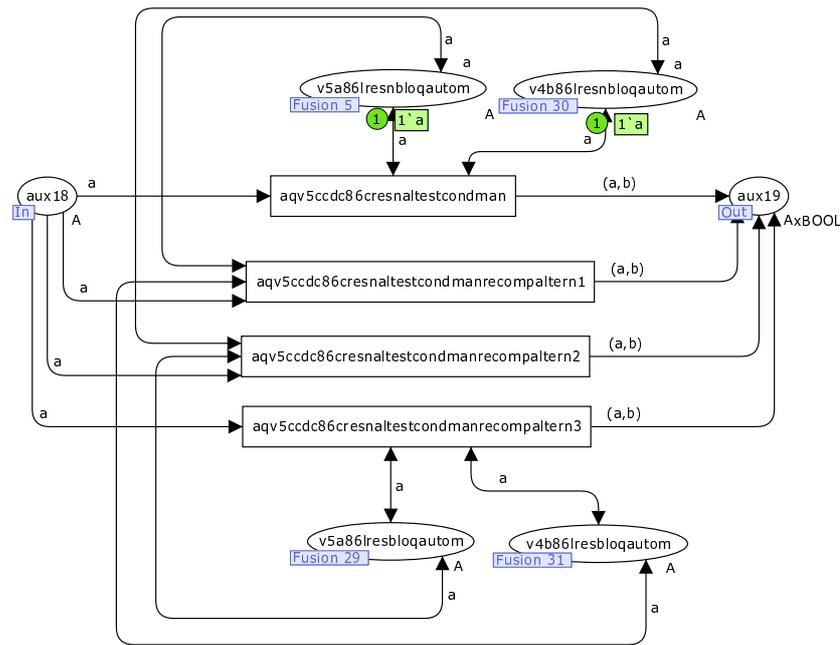


Figura 8.31: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv5ccdc86cresnaltestcondman$ no Estado Inicial.

A Transição de Substituição da Página "vaobt_230_disjuntor_abertura"

Na Figura 8.37, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqvbt230djabnaltestcondman$ associada à super-página $vaobt_230_disjuntor_abertura$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

A Transição de Substituição da Página "vao4b_disjuntor_abertura"

Na Figura 8.38, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv4bdjabnaltestcondman$ associada à super-página $vao4b_disjuntor_abertura$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

A Transição de Substituição da Página "vao4d_disjuntor_abertura"

Na Figura 8.39, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv4ddjabnaltestcondman$ associada à super-página $vao4d_disjuntor_abertura$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

A Transição de Substituição da Página "vao5c_cdc_selecao_comando_manual"

Na Figura 8.40, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv5ccdcselcmdmannaltestcondman$ associada à super-página $vao5c_cdc_selecao_comando_manual$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

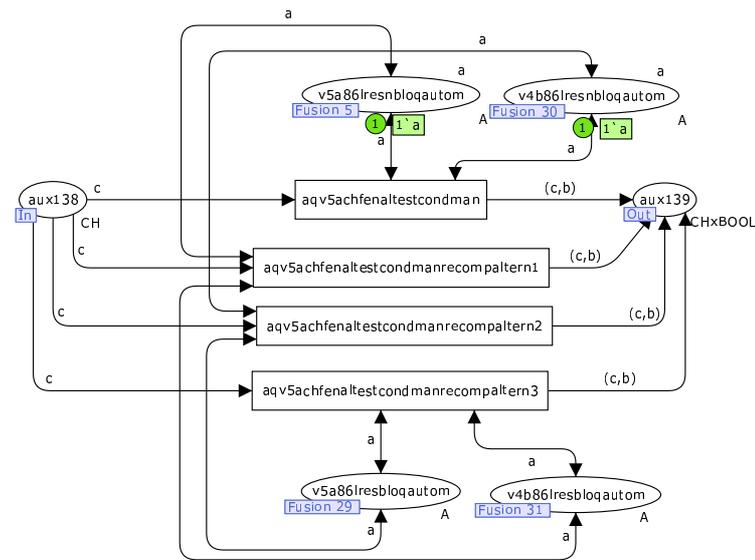


Figura 8.32: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv5areachfenaltestcondman$ no Estado Inicial.

A Transição de Substituição da Página "vao5c_cdc_comando_diminuir"

Na Figura 8.41, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv5ccdcmddimnaltestcondman$ associada à super-página $vao5c_cdc_comando_diminuir$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

A Transição de Substituição da Página "vao5a_disjuntores_fechamento"

Na Figura 8.42, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv5adjfenaltestcondman$ associada à super-página $vao5a_disjuntores_fechamento$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools.

A Transição de Substituição da Página "vao4b_disjuntor_fechamento"

Na Figura 8.43, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv4bdjfenaltestcondman$ associada à super-página $vao4b_disjuntor_fechamento$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools. Nesta Figura:

- O lugar $aux240$ é conectado com as transições desta sub-página através de arcos, individualmente, no sentido lugar $aux240 \rightarrow$ transição com expressão a associada a cada arco;
- O lugar $aux241$ é conectado com as transições desta sub-página através de arcos, individualmente, no sentido transição \rightarrow lugar $aux241$ com expressão (a,b) associada a cada arco;

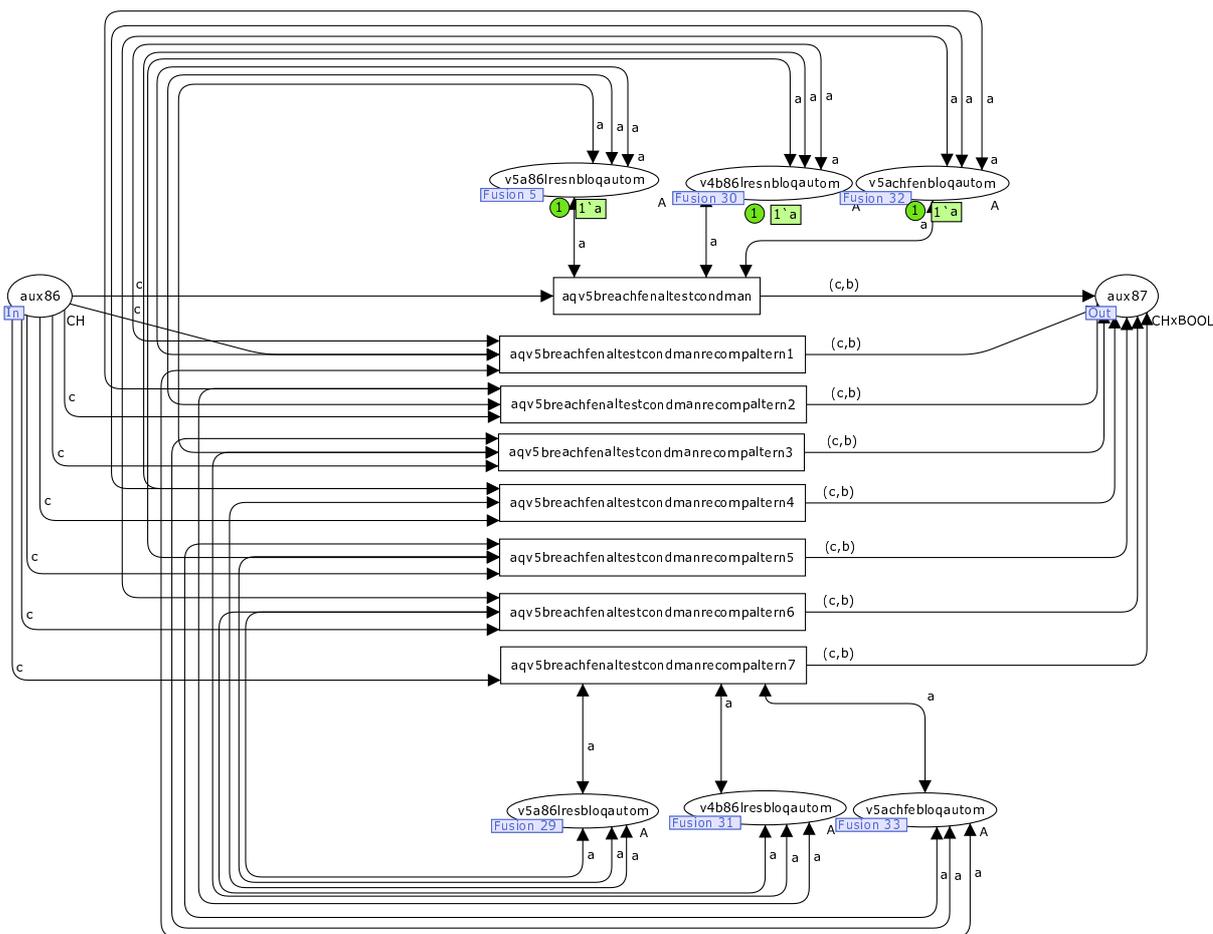


Figura 8.33: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv5breachfenaltestcondman$ no Estado Inicial.

- O lugar $v5a86lresnbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4bdjfenaltestcondman$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern1$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern2$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern3$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern4$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern5$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern6$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern7$.
- O lugar $v4b86lresnbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.

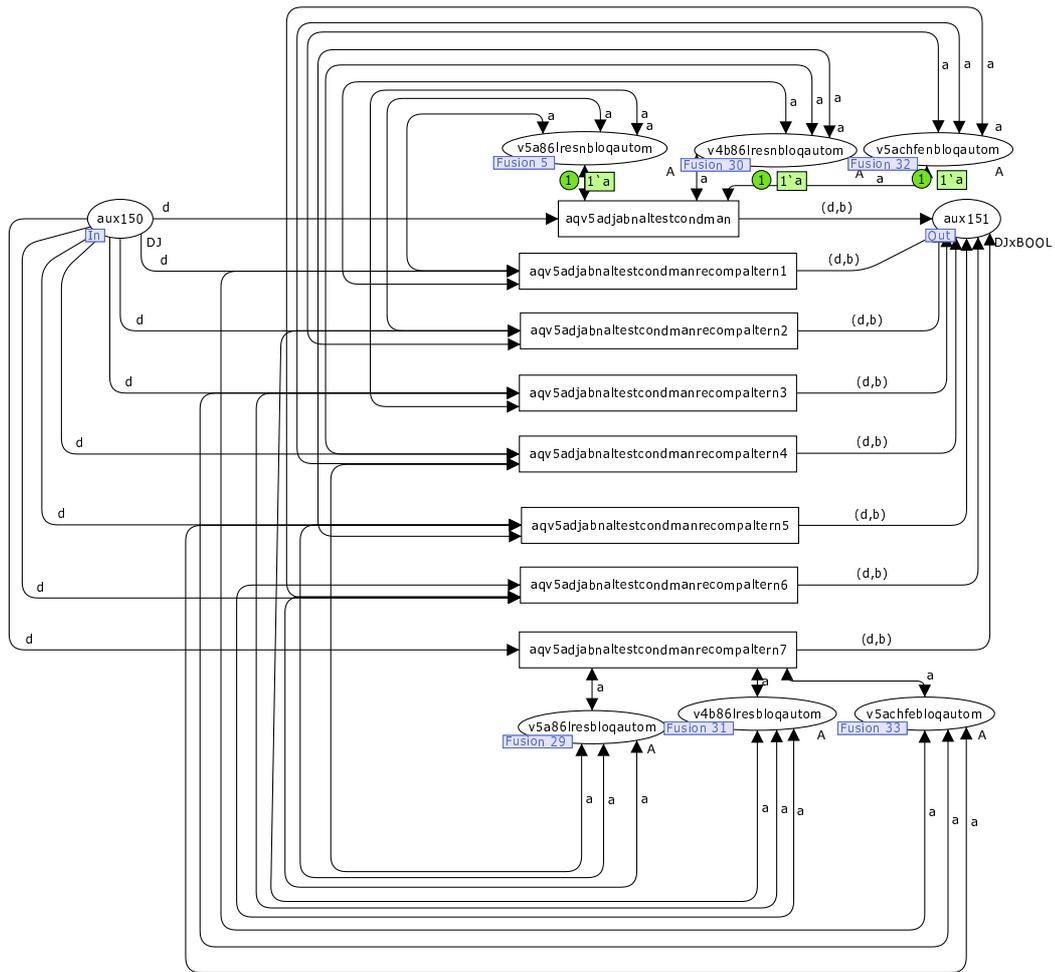


Figura 8.34: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv5adjabnaltestcondman$ no Estado Inicial.

- $aqv4bdjfenaltestcondman$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern1$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern2$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern3$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern8$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern9$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern10$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern11$.
- O lugar $v5achfenbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4bdjfenaltestcondman$;

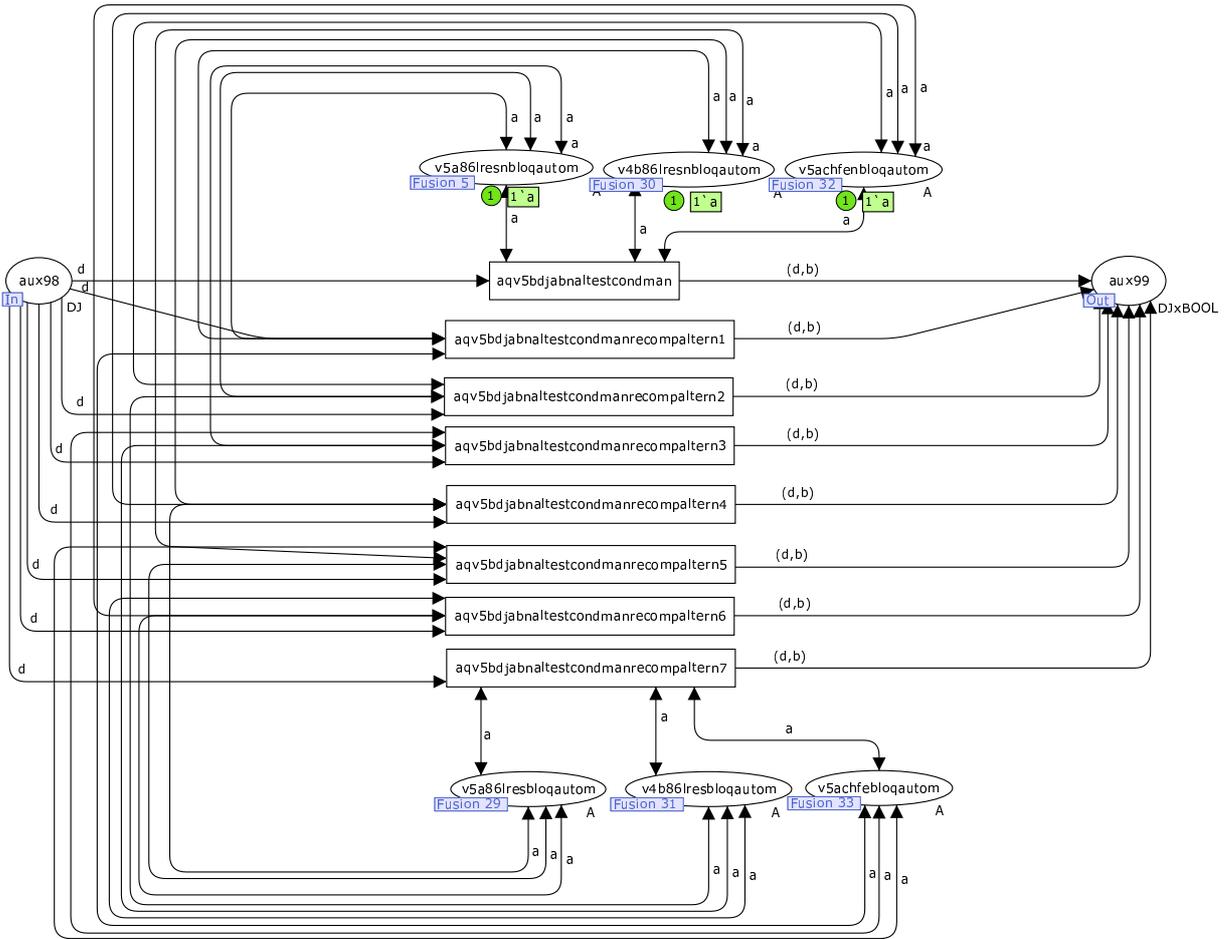


Figura 8.35: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv5bdjabnaltestcondman$ no Estado Inicial.

- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern1$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern4$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern5$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern8$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern9$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern12$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern13$.
- O lugar $v5adjfenbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4bdjfenaltestcondman$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern2$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern4$;

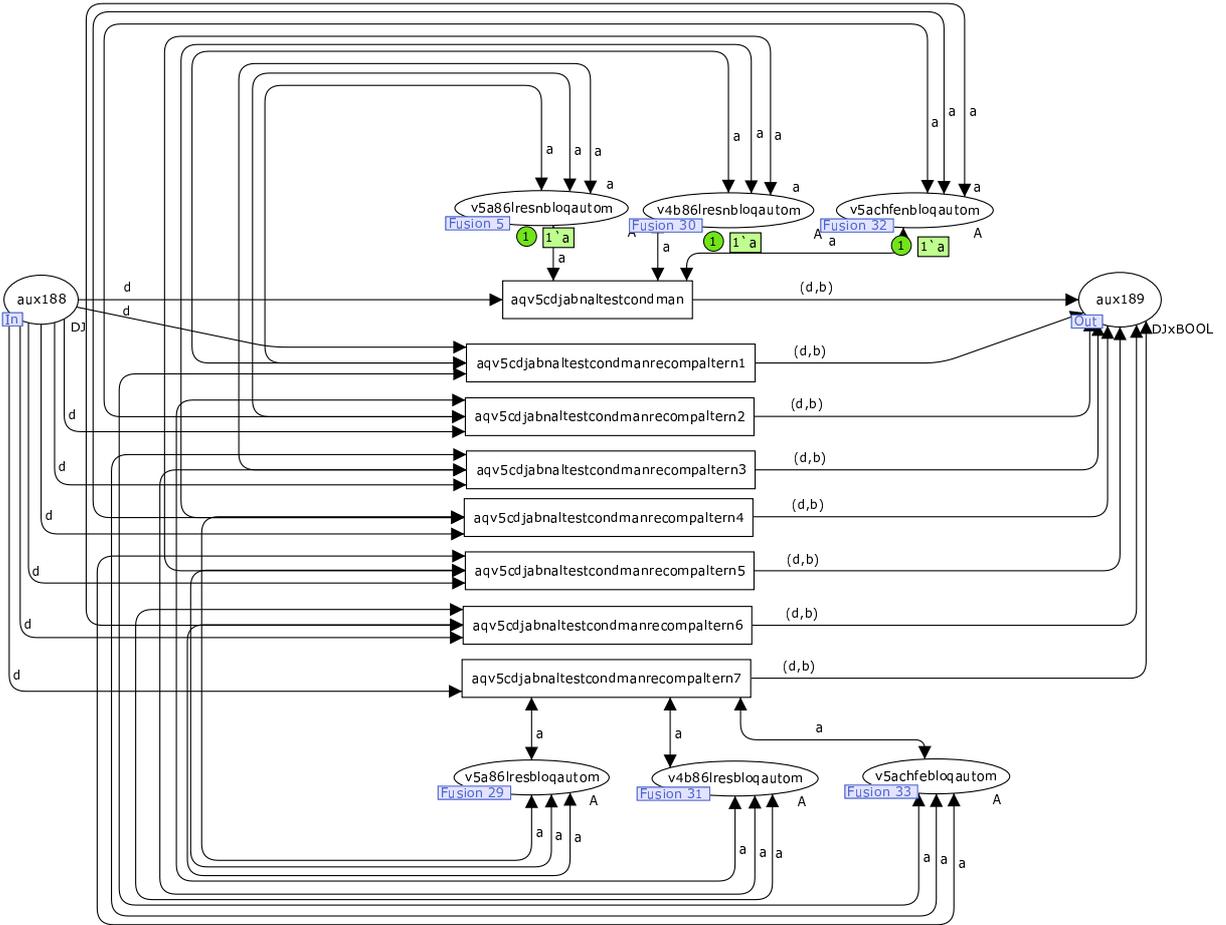


Figura 8.36: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv5cdjabnaltestcondman$ no Estado Inicial.

- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern6$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern8$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern10$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern12$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern14$.
- O lugar $v5a86lresnbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern8$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern9$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern10$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern11$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern12$;

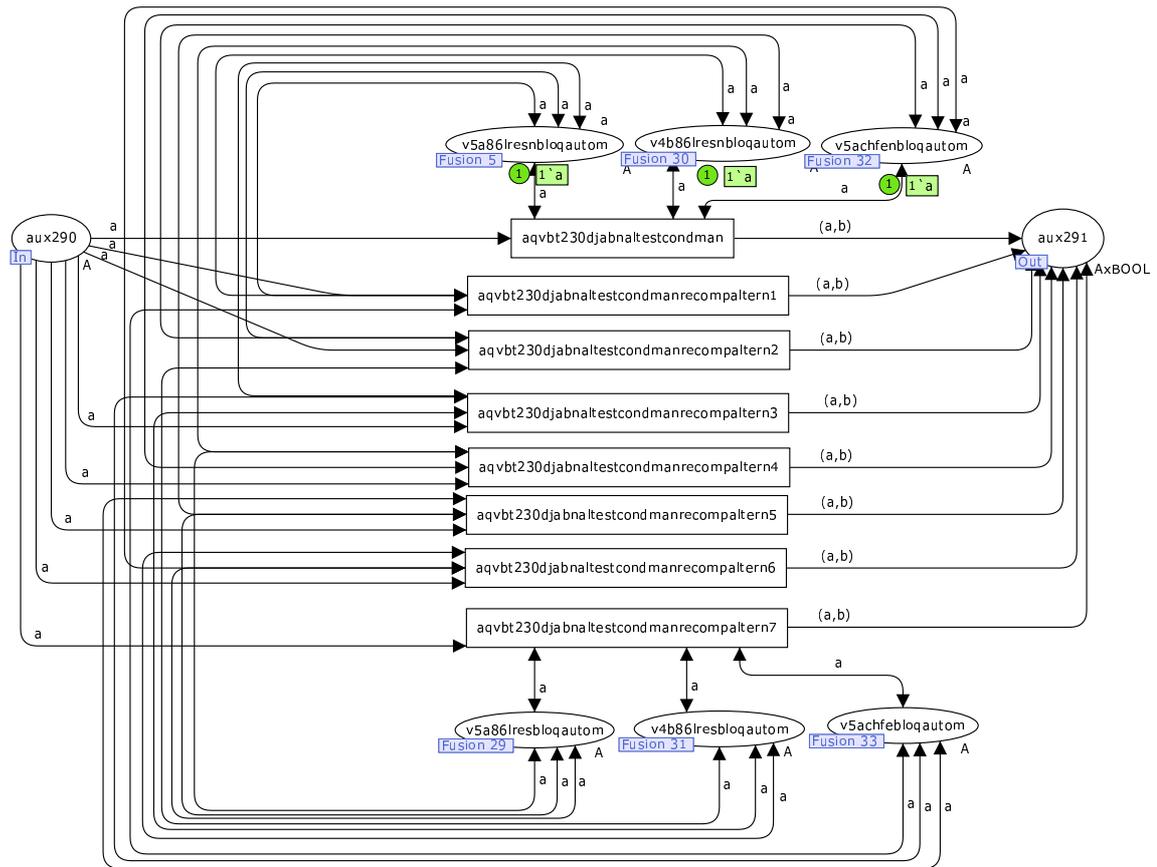


Figura 8.37: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqvbt230djabnaltestcondman$ no Estado Inicial.

- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern13$;
- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern14$;
- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern15$.
- O lugar $v4b86lresbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern4$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern5$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern6$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern7$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern12$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern13$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern14$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern15$.

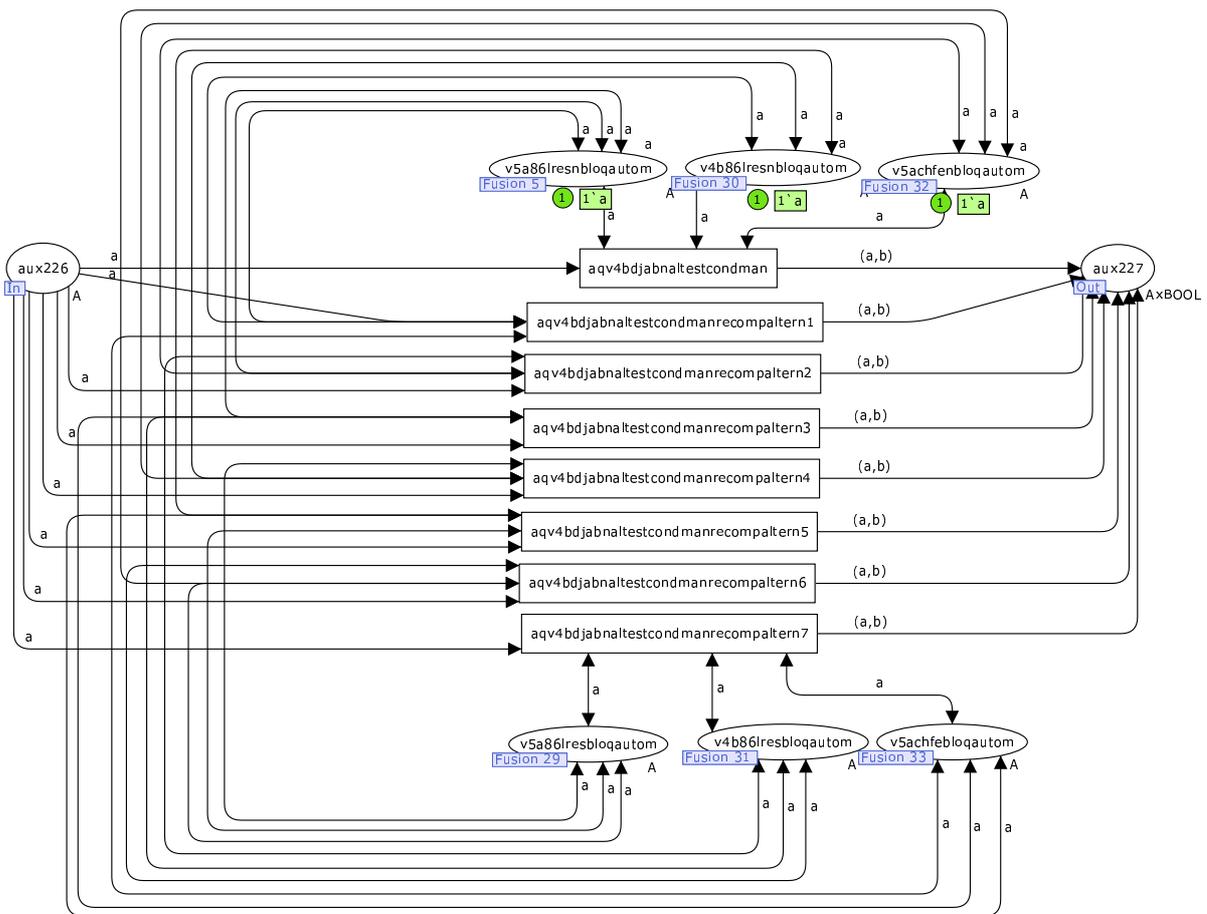


Figura 8.38: *Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv4bdjabnaltestcondman$ no Estado Inicial.*

- O lugar $v5achfebloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern2$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern3$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern6$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern7$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern10$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern11$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern14$;
 - $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern15$.

- O lugar $v5adjfebloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.

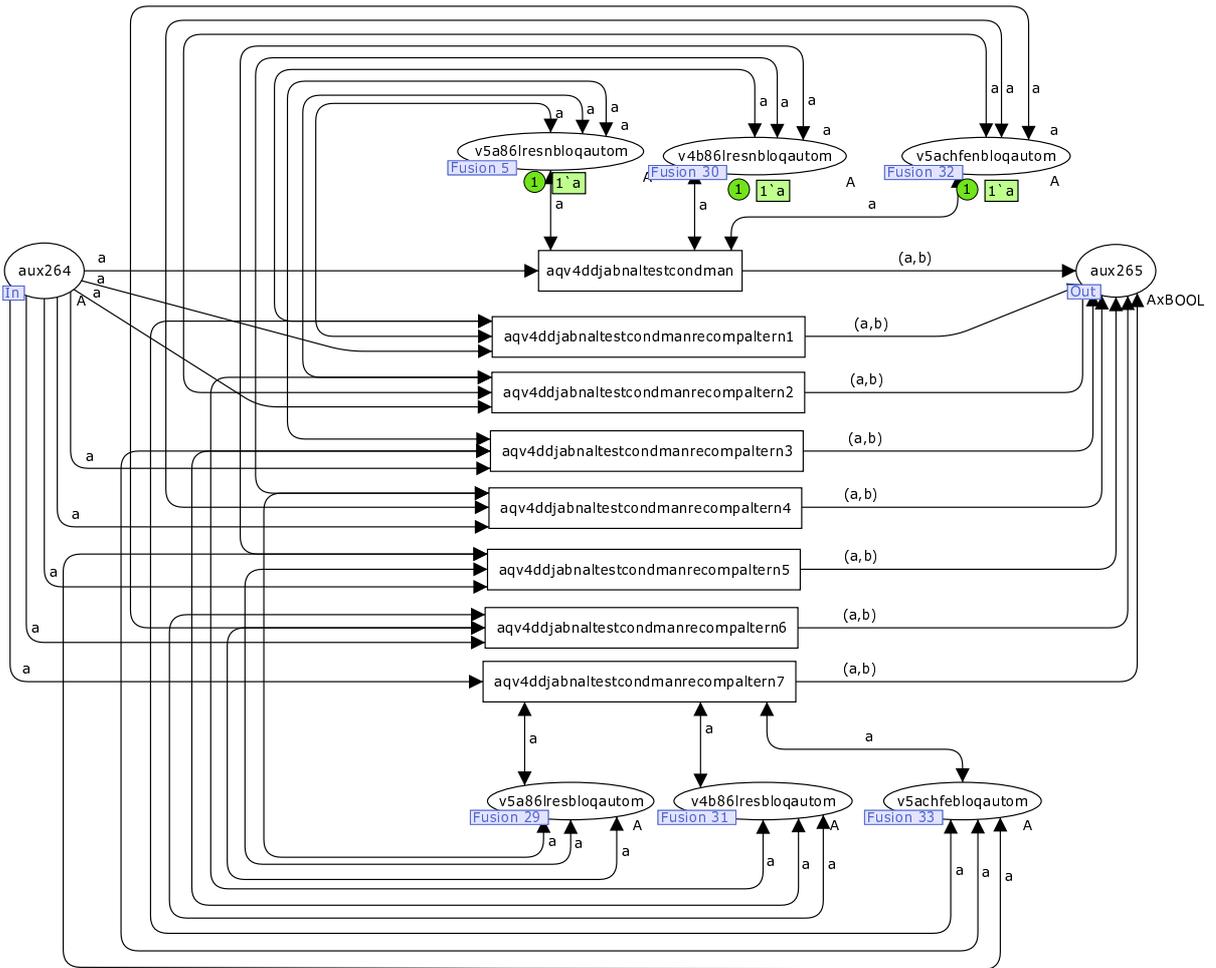


Figura 8.39: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv4ddjabnaltestcondman$ no Estado Inicial.

- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern1$;
- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern3$;
- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern5$;
- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern7$;
- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern9$;
- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern11$;
- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern13$;
- $aqv4bdjfenaltestcondmanrecompaltern15$.

Note que, por limitação de espaço para apresentar esta sub-página, os arcos desta rede são sobrepostos.

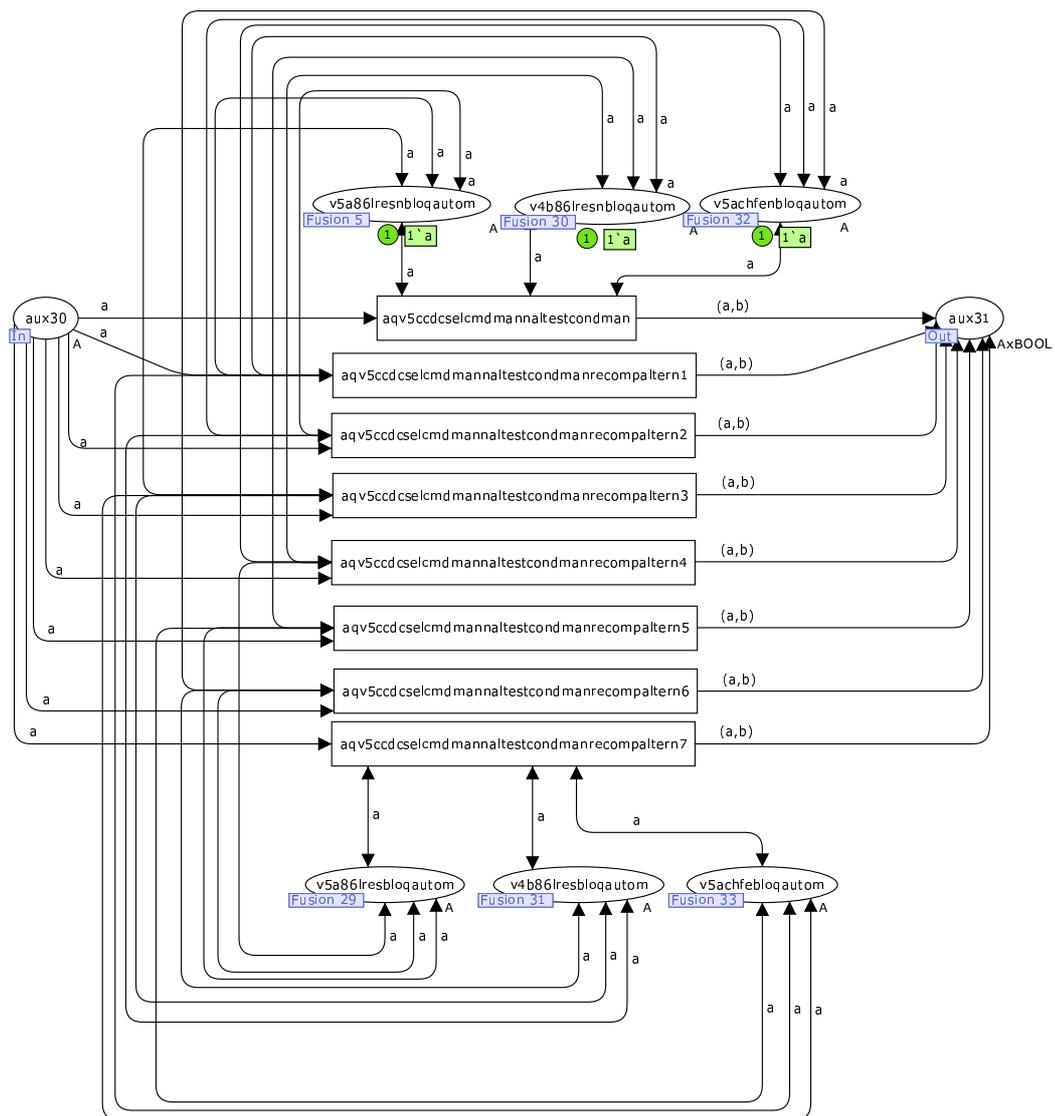


Figura 8.40: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv5ccdcselcmdmannaltestcondman$ no Estado Inicial.

A Transição de Substituição da Página "vao4d_disjuntor_fechamento"

Na Figura 8.44, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv4ddjfenaltestcondman$ associada à super-página $vao4d_disjuntor_fechamento$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools. Nesta Figura:

- O lugar $aux278$ é conectado com as transições desta sub-página através de arcos, individualmente, no sentido lugar $aux278 \rightarrow$ transição com expressão a associada a cada arco;
- O lugar $aux279$ é conectado com as transições desta sub-página através de arcos, individualmente, no sentido transição \rightarrow lugar $aux279$ com expressão (a,b) associada a cada arco;

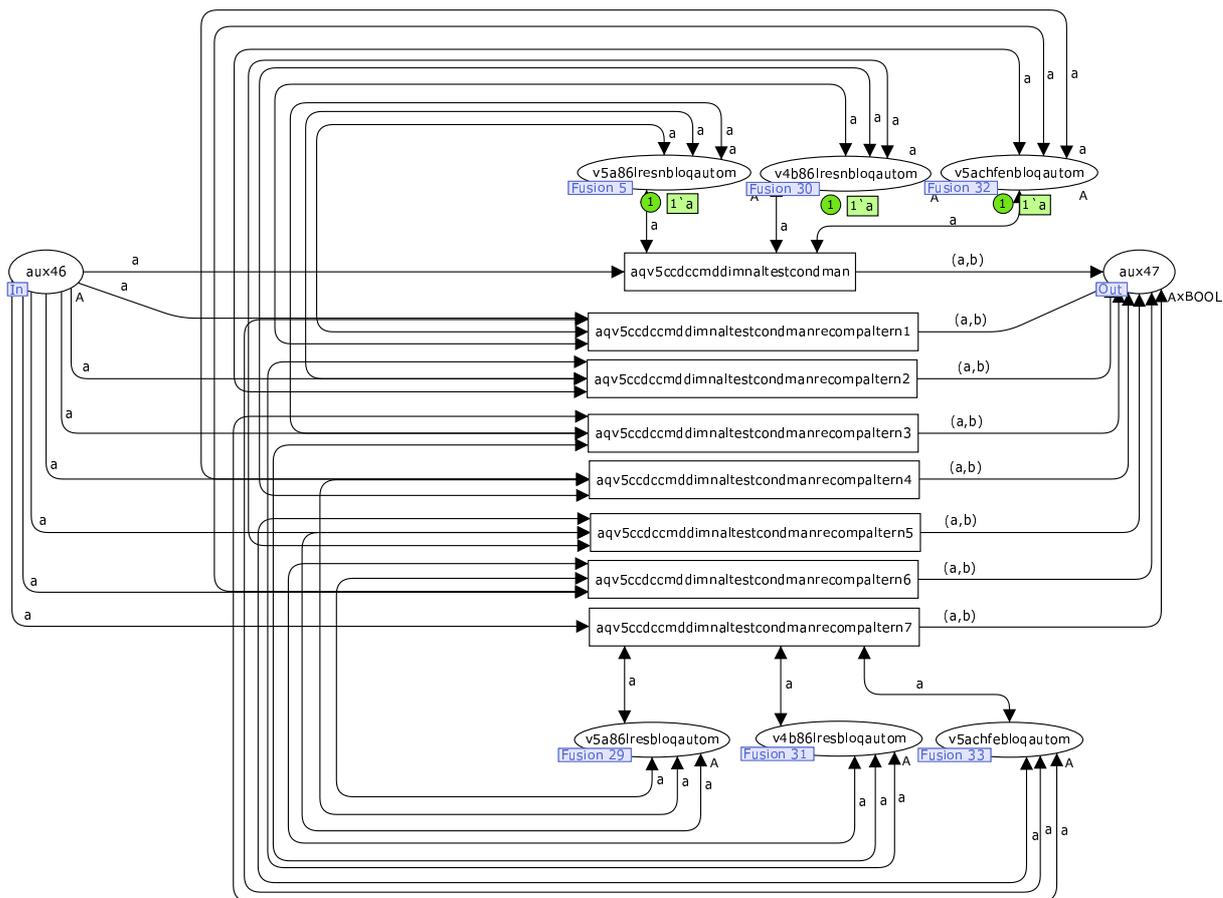


Figura 8.41: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv5ccdccmddimnaltestcondman$ no Estado Inicial.

- O lugar $v5a86lresnbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4ddjfenaltestcondman$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern1$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern2$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern3$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern4$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern5$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern6$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern7$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern8$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern9$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern10$;

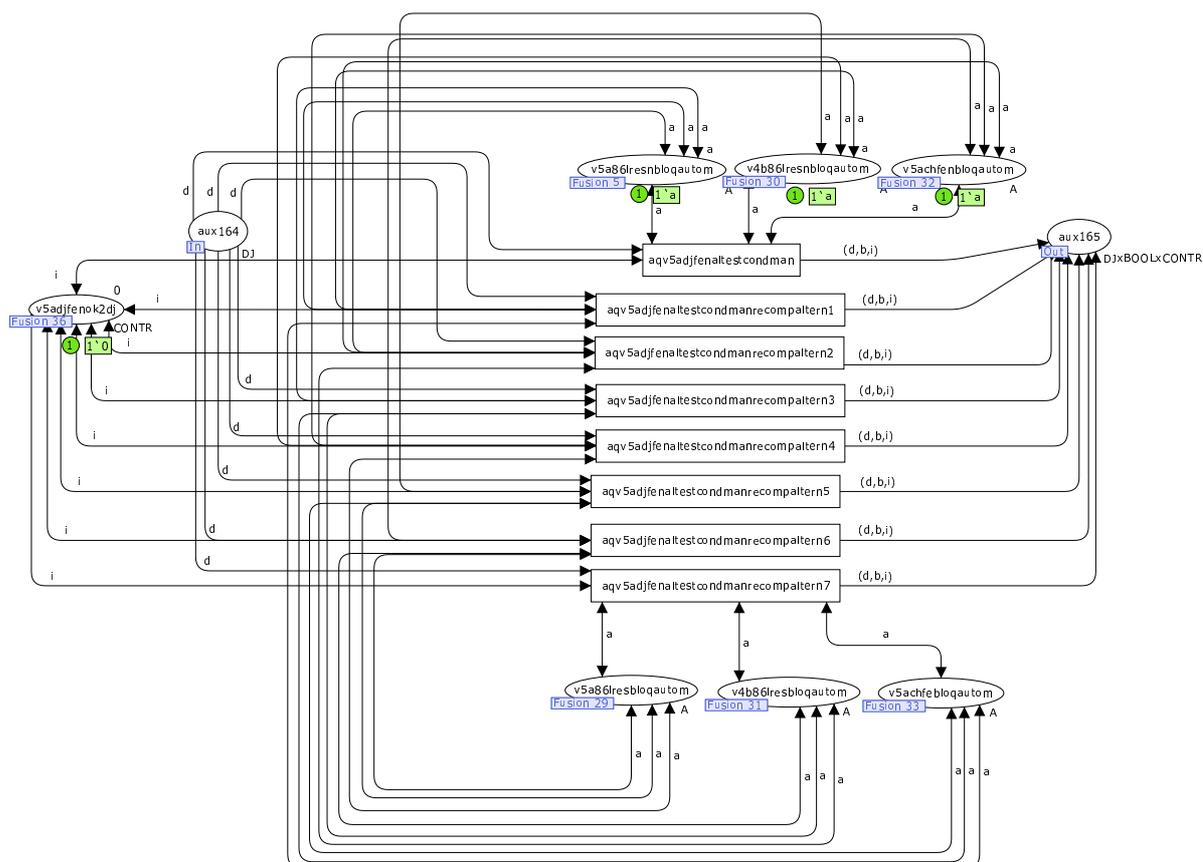


Figura 8.42: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv5adjfenalttestcondman$ no Estado Inicial.

- $aqv4ddjfenalttestcondmanrecompaltern11$;
 - $aqv4ddjfenalttestcondmanrecompaltern12$;
 - $aqv4ddjfenalttestcondmanrecompaltern13$;
 - $aqv4ddjfenalttestcondmanrecompaltern14$;
 - $aqv4ddjfenalttestcondmanrecompaltern15$.
- O lugar $v4b86lresnbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4ddjfenalttestcondman$;
 - $aqv4ddjfenalttestcondmanrecompaltern1$;
 - $aqv4ddjfenalttestcondmanrecompaltern2$;
 - $aqv4ddjfenalttestcondmanrecompaltern3$;
 - $aqv4ddjfenalttestcondmanrecompaltern4$;
 - $aqv4ddjfenalttestcondmanrecompaltern5$;

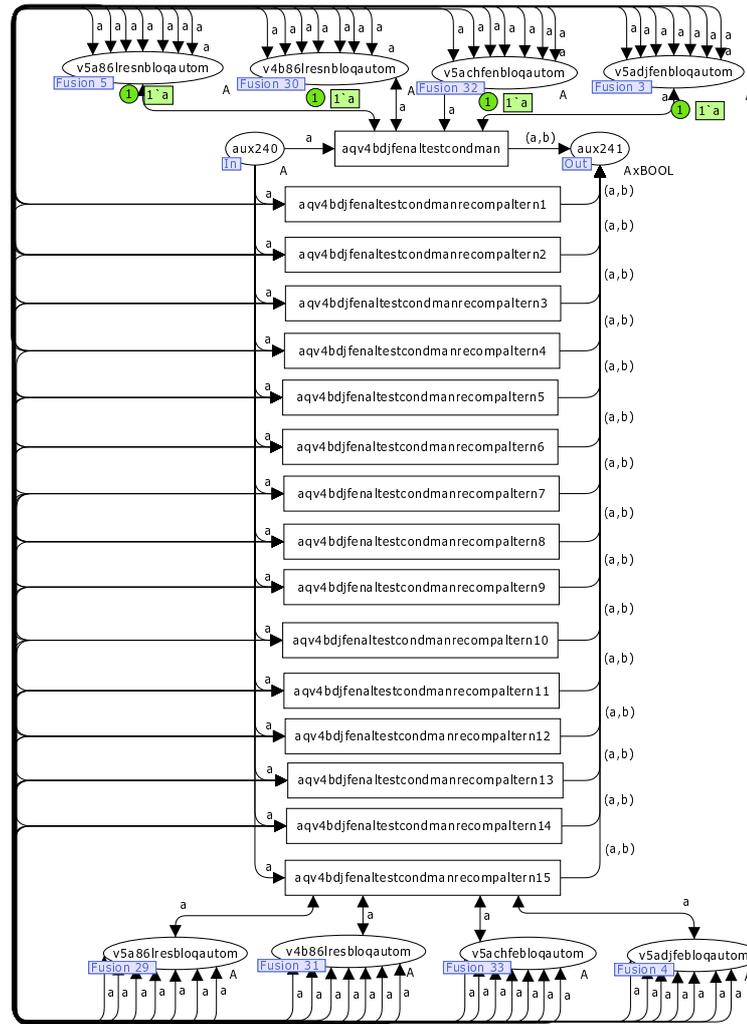


Figura 8.43: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv4bdjfenaltestcondman$ no Estado Inicial.

- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern6$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern7$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern16$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern17$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern18$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern19$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern20$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern21$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern22$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern23$.

- O lugar $v5achfenbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4ddjfenaltestcondman$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern1$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern2$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern3$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern8$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern9$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern10$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern11$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern16$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern17$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern18$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern19$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern24$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern25$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern26$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern27$.

- O lugar $v5adjfenbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4ddjfenaltestcondman$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern1$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern4$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern5$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern8$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern9$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern12$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern13$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern16$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern17$;

- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern20$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern21$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern24$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern25$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern28$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern29$.
- O lugar $v4bdjfenbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4ddjfenaltestcondman$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern2$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern4$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern6$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern8$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern10$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern12$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern14$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern16$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern18$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern20$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern22$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern24$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern26$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern28$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern30$.
 - O lugar $v5a86lresbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern16$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern17$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern18$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern19$;

- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern20$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern21$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern22$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern23$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern24$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern25$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern26$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern27$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern28$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern29$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern30$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern31$.
- O lugar $v4b86lresbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern8$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern9$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern10$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern11$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern12$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern13$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern14$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern15$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern24$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern25$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern26$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern27$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern28$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern29$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern30$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern31$.

- O lugar $v5achfebloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.

- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern4$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern5$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern6$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern7$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern12$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern13$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern14$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern15$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern20$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern21$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern22$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern23$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern28$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern29$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern30$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern31$.

- O lugar $v5adjfebloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.

- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern2$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern3$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern6$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern7$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern10$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern11$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern14$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern15$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern18$;
- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern19$;

- $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern22$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern23$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern26$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern27$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern30$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern31$.
- O lugar $v4bdjfebloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern1$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern3$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern5$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern7$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern9$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern11$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern13$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern15$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern17$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern19$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern21$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern23$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern25$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern27$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern29$;
 - $aqv4ddjfenaltestcondmanrecompalatern31$.

Note que, por limitação de espaço para apresentar esta sub-página, os arcos desta rede são sobrepostos.

A Transição de Substituição da Página " $vao5c_disjuntores_fechamento$ "

Na Figura 8.45, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv5cdjfenaltestcondman$ associada à super-página $vao5c_disjuntores_fechamento$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools. Nesta Figura:

- O lugar *aux202* é conectado com as transições desta sub-página através de arcos, individualmente, no sentido lugar *aux202* \rightarrow transição com expressão *d* associada a cada arco;
- O lugar *aux203* é conectado com as transições desta sub-página através de arcos, individualmente, no sentido transição \rightarrow lugar *aux203* com expressão (d, b) associada a cada arco;
- O lugar *v5a86lresnbloqautom* é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão *a* associada a cada arco.
 - *aqv5cdjfenaltestcondman*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern1*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern2*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern3*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern4*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern5*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern6*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern7*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern8*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern9*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern10*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern11*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern12*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern13*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern14*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern15*.
- O lugar *v4b86lresnbloqautom* é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão *a* associada a cada arco.
 - *aqv5cdjfenaltestcondman*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern1*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern2*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern3*;

- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern4$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern5$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern6$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern7$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern16$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern17$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern18$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern19$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern20$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern21$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern22$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern23$.
- O lugar $v5achfenbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5cdjfenaltestcondman$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern1$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern2$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern3$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern8$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern9$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern10$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern11$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern16$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern17$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern18$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern19$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern24$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern25$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern26$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern27$.

- O lugar $v5adjfenbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.

- $aqv5cdjfenaltestcondman$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern1$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern4$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern5$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern8$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern9$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern12$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern13$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern16$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern17$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern20$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern21$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern24$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern25$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern28$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern29$.

- O lugar $v4bdjfenbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.

- $aqv5cdjfenaltestcondman$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern2$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern4$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern6$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern8$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern10$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern12$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern14$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern16$;
- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern18$;

- *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern20*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern22*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern24*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern26*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern28*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern30*.
- O lugar *v5a86lresbloqautom* é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão *a* associada a cada arco.
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern16*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern17*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern18*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern19*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern20*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern21*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern22*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern23*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern24*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern25*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern26*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern27*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern28*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern29*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern30*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern31*.
 - O lugar *v4b86lresbloqautom* é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão *a* associada a cada arco.
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern8*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern9*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern10*;
 - *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern11*;

- $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern12$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern13$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern14$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern15$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern24$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern25$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern26$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern27$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern28$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern29$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern30$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern31$.
- O lugar $v5achfebloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern4$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern5$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern6$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern7$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern12$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern13$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern14$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern15$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern20$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern21$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern22$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern23$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern28$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern29$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern30$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern31$.

- O lugar $v5adjfebloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern2$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern3$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern6$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern7$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern10$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern11$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern14$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern15$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern18$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern19$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern22$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern23$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern26$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern27$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern30$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern31$.

- O lugar $v4bdjfebloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern1$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern3$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern5$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern7$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern9$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern11$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern13$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern15$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern17$;
 - $aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern19$;

- *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern21*;
- *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern23*;
- *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern25*;
- *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern27*;
- *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern29*;
- *aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalatern31*.

Note que, por limitação de espaço para apresentar esta sub-página, os arcos desta rede são sobrepostos.

A Transição de Substituição da Página "*vao5b_disjuntores_fechamento*"

Na Figura 8.46, tem-se a *sub-página* da *transição de substituição* *ts_aqv5bdjfenaltestcondman* associada à *super-página* *vao5b_disjuntores_fechamento* no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools. Nesta Figura:

- O lugar *aux112* é conectado com as transições desta sub-página através de arcos, individualmente, no sentido lugar *aux112* → transição com expressão *d* associada a cada arco;
- O lugar *aux113* é conectado com as transições desta sub-página através de arcos, individualmente, no sentido transição → lugar *aux113* com expressão (d, b) associada a cada arco;
- O lugar *v5a86lresnbloqautom* é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão *a* associada a cada arco.

- *aqv5bdjfenaltestcondman*;
- *aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern1*;
- *aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern2*;
- *aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern3*;
- *aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern4*;
- *aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern5*;
- *aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern6*;
- *aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern7*;
- *aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern8*;
- *aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern9*;

- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern10$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern11$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern12$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern13$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern14$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern15$.
- O lugar $v4b86lresnbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5bdjfenaltestcondman$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern1$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern2$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern3$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern4$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern5$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern6$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern7$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern16$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern17$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern18$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern19$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern20$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern21$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern22$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern23$.
 - O lugar $v5achfenbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5bdjfenaltestcondman$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern1$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern2$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern3$;

- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern8;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern9;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern10;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern11;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern16;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern17;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern18;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern19;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern24;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern25;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern26;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern27.$
- O lugar $v5adjfenbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5bdjfenaltestcondman;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern1;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern4;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern5;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern8;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern9;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern12;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern13;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern16;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern17;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern20;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern21;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern24;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern25;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern28;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern29.$

- O lugar $v4bdjfenbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.

- $aqv5bdjfenaltestcondman$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern2$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern4$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern6$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern8$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern10$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern12$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern14$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern16$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern18$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern20$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern22$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern24$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern26$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern28$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern30$.

- O lugar $v5a86lresbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.

- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern16$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern17$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern18$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern19$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern20$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern21$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern22$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern23$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern24$;
- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern25$;

- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern26$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern27$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern28$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern29$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern30$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern31$.
- O lugar $v4b86lresbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern8$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern9$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern10$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern11$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern12$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern13$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern14$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern15$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern24$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern25$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern26$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern27$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern28$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern29$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern30$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern31$.
 - O lugar $v5achfebloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern4$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern5$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern6$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern7$;

- $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern12;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern13;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern14;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern15;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern20;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern21;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern22;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern23;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern28;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern29;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern30;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern31.$
- O lugar $v5adjfebloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern2;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern3;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern6;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern7;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern10;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern11;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern14;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern15;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern18;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern19;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern22;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern23;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern26;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern27;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern30;$
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern31.$

- O lugar $v4bdjfebloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern1$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern3$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern5$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern7$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern9$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern11$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern13$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern15$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern17$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern19$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern21$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern23$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern25$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern27$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern29$;
 - $aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalatern31$.

Note que, por limitação de espaço para apresentar esta sub-página, os arcos desta rede são sobrepostos.

A Transição de Substituição da Página "vao5c_cdc_selecao_comando_automatiko"

Na Figura 8.47, tem-se a sub-página da transição de substituição $ts_aqv5ccdscselcmdautomnaltestcondman$ associada à super-página $vao5c_cdc_selecao_comando_automatiko$ no estado inicial, em RPCHs, no CPN Tools. Nesta Figura:

- O lugar $aux60$ é conectado com as transições desta sub-página através de arcos, individualmente, no sentido lugar $aux60 \rightarrow$ transição com expressão a associada a cada arco;
- O lugar $aux61$ é conectado com as transições desta sub-página através de arcos, individualmente, no sentido transição \rightarrow lugar $aux61$ com expressão (a,b) associada a cada arco;

- O lugar $v5a86lresnbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondman$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern1$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern2$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern3$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern4$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern5$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern6$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern7$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern8$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern9$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern10$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern11$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern12$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern13$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern14$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern15$.

- O lugar $v4b86lresnbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondman$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern1$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern2$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern3$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern4$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern5$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern6$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern7$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern16$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern17$;

- *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern18*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern19*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern20*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern21*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern22*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern23*.
- O lugar *v5achfenbloqautom* é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão *a* associada a cada arco.
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondman*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern1*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern2*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern3*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern8*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern9*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern10*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern11*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern16*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern17*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern18*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern19*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern24*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern25*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern26*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern27*.
 - O lugar *v5adjfenbloqautom* é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão *a* associada a cada arco.
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondman*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern1*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern4*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern5*;

- $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern8;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern9;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern12;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern13;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern16;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern17;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern20;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern21;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern24;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern25;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern28;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern29.$
- O lugar $v4bdjfenbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondman;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern2;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern4;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern6;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern8;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern10;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern12;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern14;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern16;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern18;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern20;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern22;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern24;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern26;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern28;$
 - $aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern30.$

- O lugar $v5a86lresbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern16$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern17$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern18$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern19$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern20$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern21$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern22$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern23$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern24$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern25$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern26$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern27$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern28$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern29$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern30$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern31$.

- O lugar $v4b86lresbloqautom$ é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão a associada a cada arco.
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern8$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern9$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern10$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern11$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern12$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern13$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern14$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern15$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern24$;
 - $aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondmanrecompaltern25$;

- *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern26*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern27*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern28*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern29*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern30*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern31*.
- O lugar *v5achfebloqautom* é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão *a* associada a cada arco.
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern4*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern5*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern6*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern7*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern12*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern13*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern14*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern15*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern20*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern21*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern22*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern23*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern28*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern29*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern30*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern31*.
 - O lugar *v5adjfebloqautom* é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão *a* associada a cada arco.
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern2*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern3*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern6*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern7*;

- *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern10*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern11*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern14*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern15*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern18*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern19*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern22*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern23*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern26*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern27*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern30*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern31*.
- O lugar *v4bdjfebloqautom* é conectado com as seguintes transições, através de arcos, individualmente, no sentido duplo com a expressão *a* associada a cada arco.
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern1*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern3*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern5*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern7*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern9*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern11*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern13*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern15*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern17*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern19*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern21*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern23*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern25*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern27*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern29*;
 - *aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern31*.

Note que, por limitação de espaço para apresentar esta sub-página, os arcos desta rede são sobrepostos.

Na Figura 8.48, têm-se as relações entre as *super-páginas* e as *sub-páginas* do modelo proposto. Note que as *super-páginas* são mostradas ao lado dos marcadores em triângulos. As *sub-páginas* associadas a estas *super-páginas* são apresentadas abaixo destas.

8.8 O Modelo Global

Desta forma, têm-se a formulação e a resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE em RPCHs. Na Figura 8.49, com o intuito de ilustrar, tem-se o "modelo global" da formulação e da resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE no estado inicial, em RPCHs, da SE Sobral III. Todos os caminhos - inclusive alternativos, em caso de eventuais falhas em manobras, ou indisponibilidades, de equipamentos "importantes", mas não "imprescindíveis", para o sucesso do automatismo de recomposição de SE - que a solução proposta, neste trabalho, em RPCHs, pode percorrer, para automatizar os procedimentos de recomposição de SE da SE Sobral III, estão contemplados neste "modelo global". Os *lugares* representam "*status*" da aplicação de automatismo de recomposição de SE e as pré-condições necessárias para que as *transições* ou as *transições de substituição*, que representam manobras ou decisões relacionadas à aplicação de automatismo de recomposição de SE, possam disparar.

No próximo capítulo, são apresentadas a verificação - análises de espaços de estados completos e verificações dos modelos - e a validação - simulações e diagramas de seqüências de mensagens - da solução proposta com o objetivo de, formalmente, analisá-la.

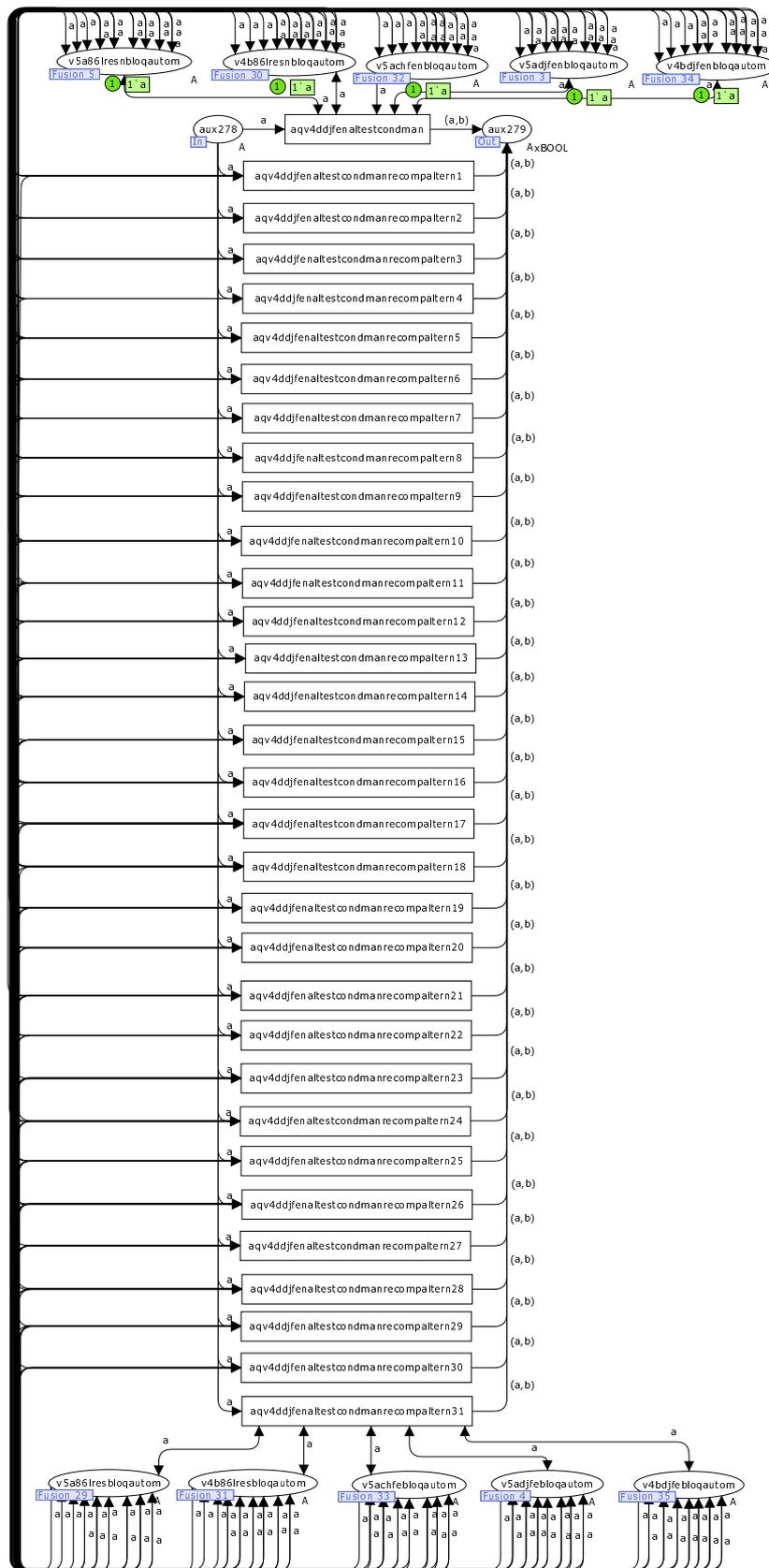


Figura 8.44: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_{aqv4ddjfenaltestcondman}$ no Estado Inicial.

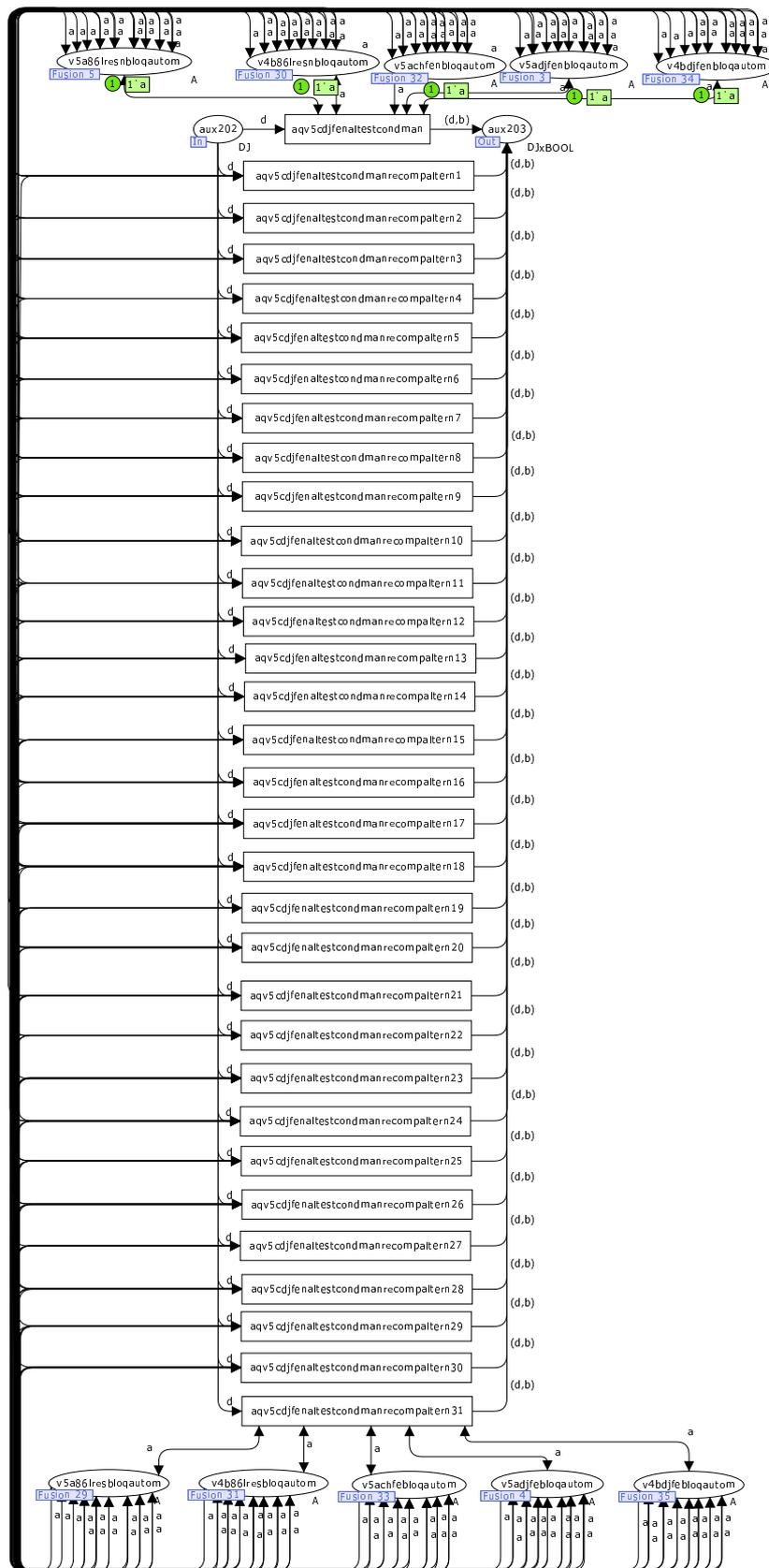


Figura 8.45: Sub-Página da Transição de Substituição $ts_aqv5cdjfenaltestcondman$ no Estado Inicial.

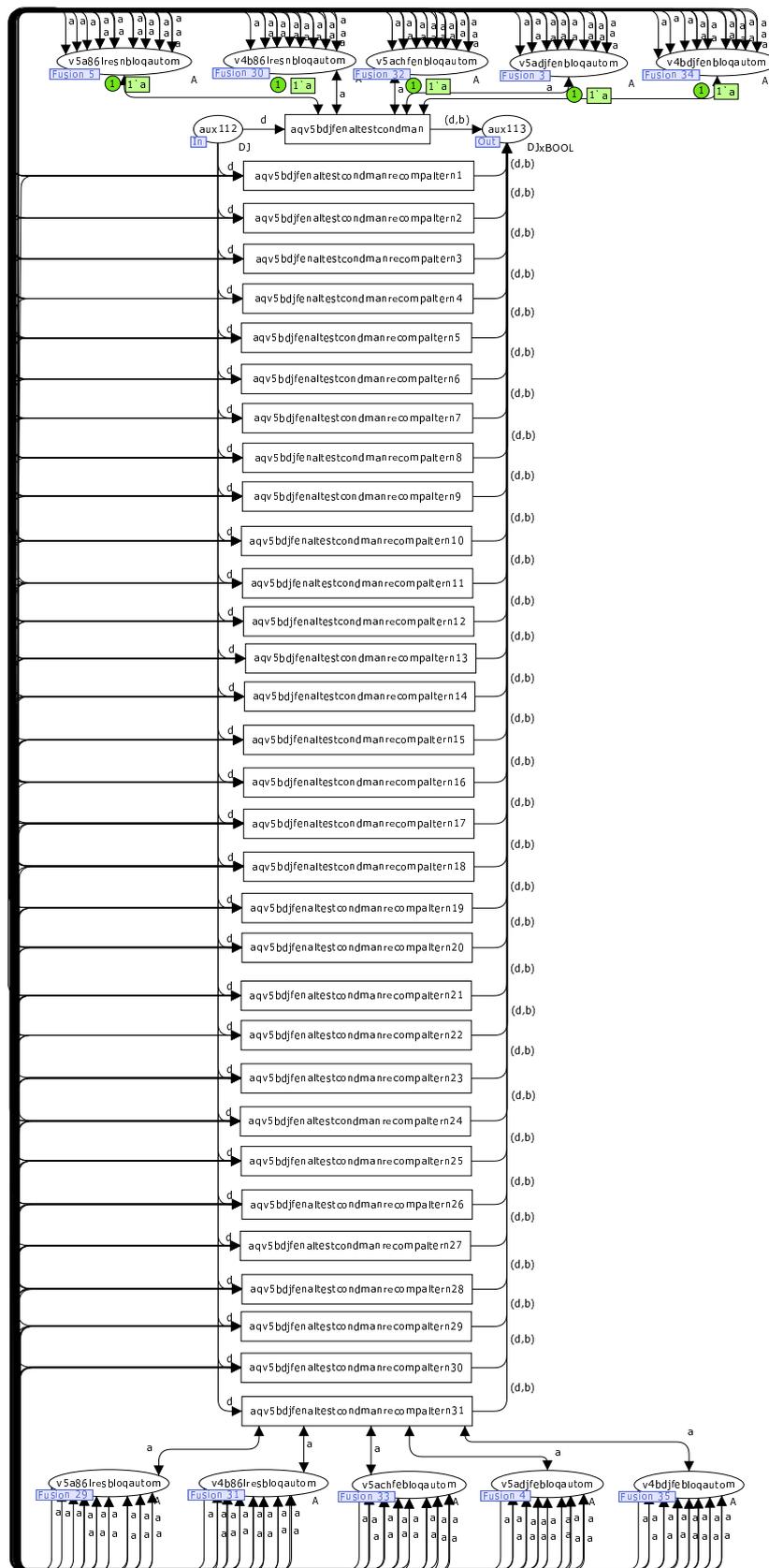


Figura 8.46: Sub-Página da Transição de Substituição *ts_aqv5bdjfenaltestcondman* no Estado Inicial.

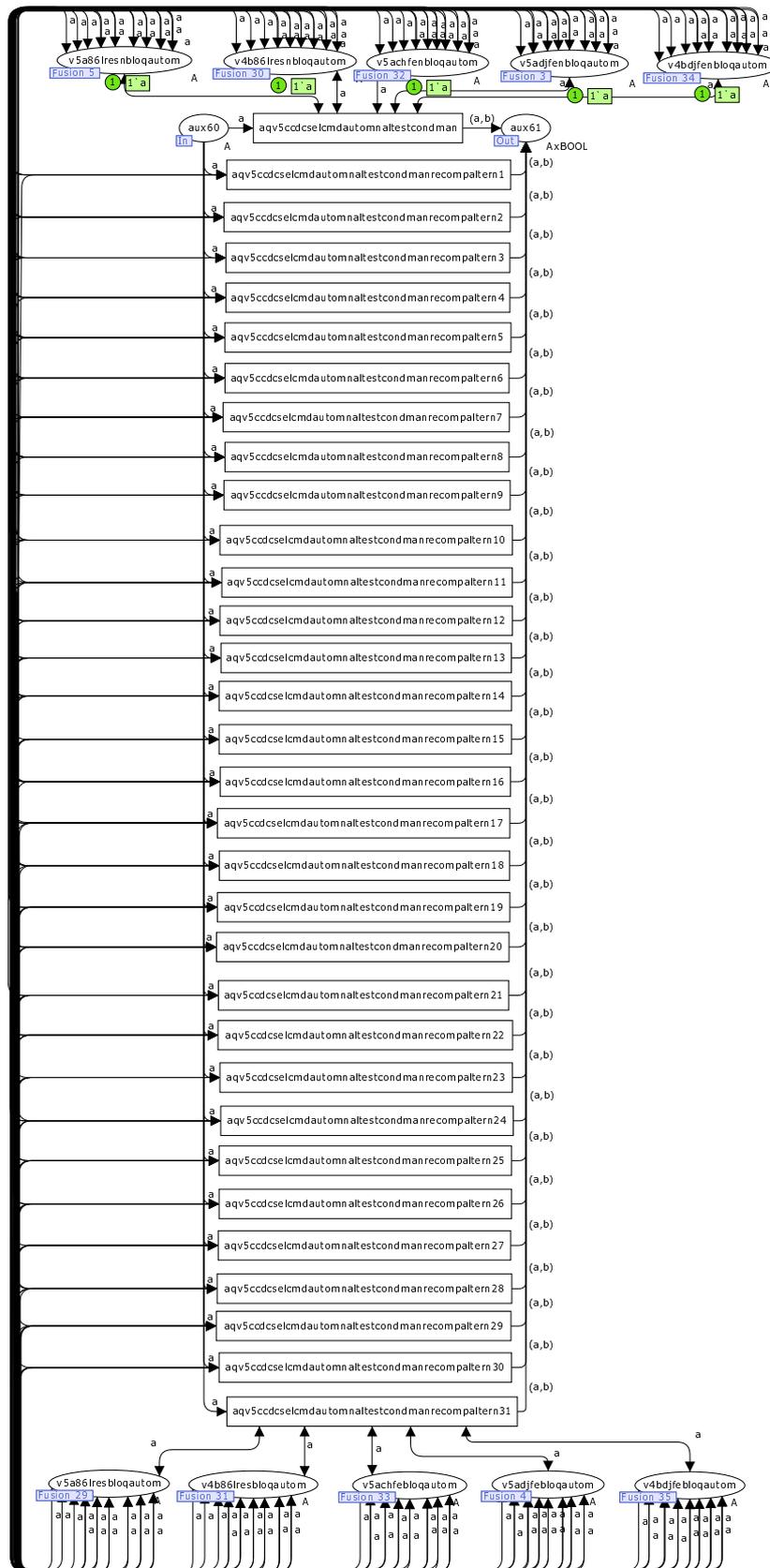


Figura 8.47: Sub-Página da Transição de Substituição *ts_aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondman* no Estado Inicial.

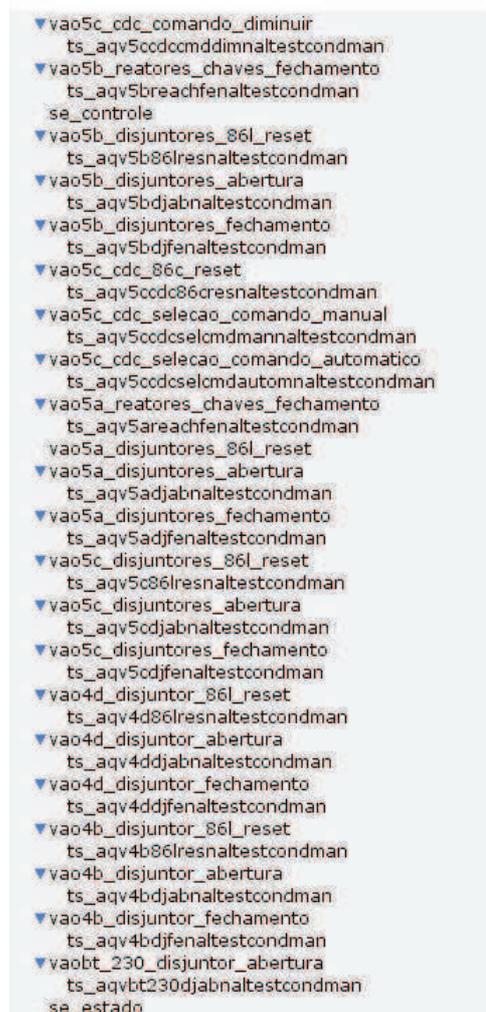


Figura 8.48: Relações entre as *Super-Páginas* e as *Sub-Páginas* do Modelo Proposto.

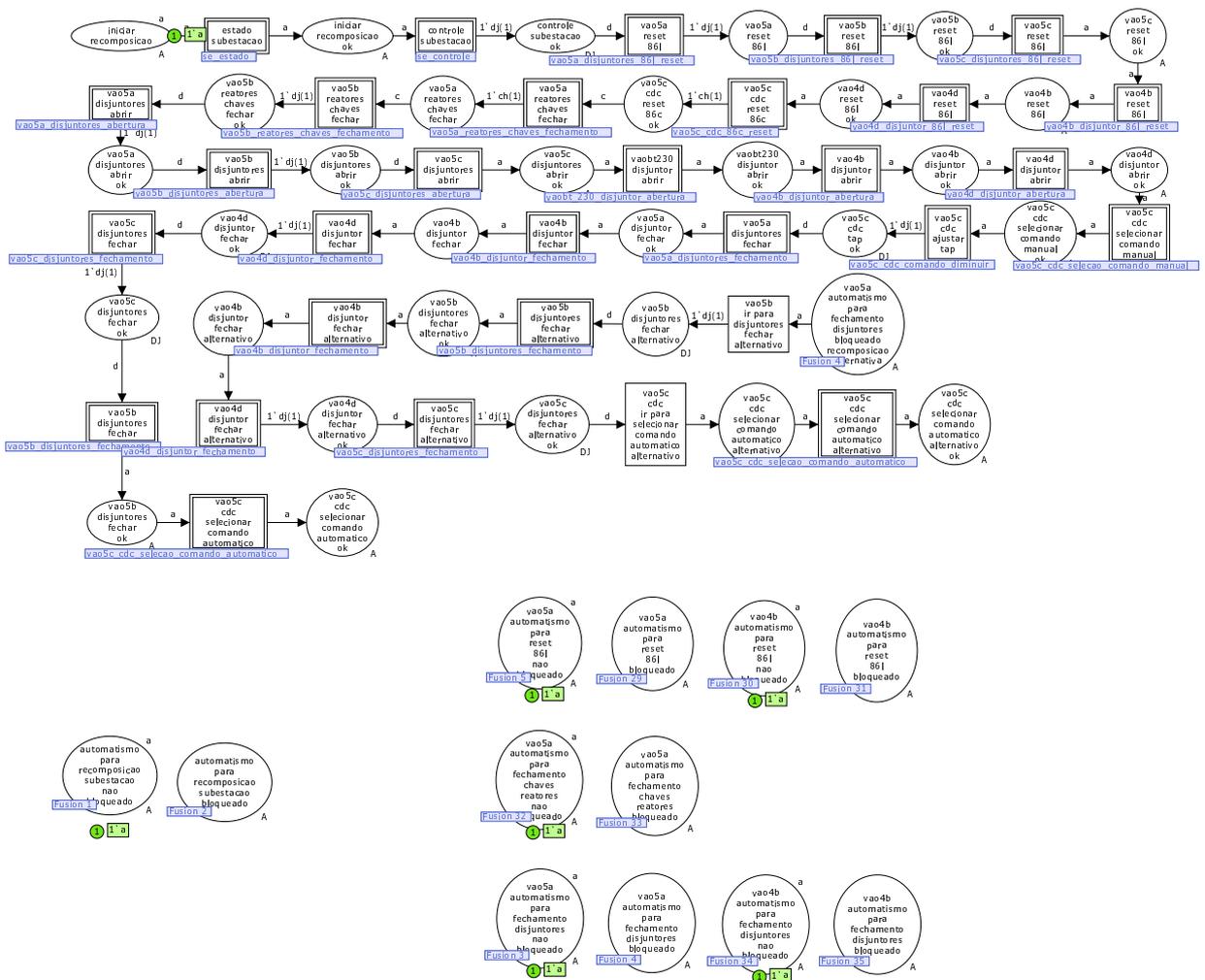


Figura 8.49: Exemplificação do "Modelo Global" da Subestação Sobral III no Estado Inicial.

Capítulo 9

Análise

Com o objetivo de analisar - formalmente - a solução proposta, neste trabalho, inicialmente, são apresentadas algumas modificações preliminares e a simplificação do modelo proposto. A partir de um modelo simplificado - mas representativo - do modelo proposto, é feita a verificação - análises de espaços de estados completos e verificações com lógica temporal ASK-CTL - da solução proposta.

Em seguida, são mostradas a verificação - análises de espaços de estados e verificações com lógica temporal ASK-CTL - do modelo simplificado e a validação - simulações e diagramas de seqüências de mensagens - do modelo proposto.

9.1 Modificações Preliminares e Simplificação do Modelo Proposto

O modelo proposto, em RPCHs, neste trabalho, para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, é conforme já apresentado no Capítulo 8.

Inicialmente, não houve preocupação quanto ao problema de simplificar o modelo proposto em RPCHs, devido à apresentação de uma forma nova de abordar o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE à comunidade científica. No entanto, em SEDs, o problema de explosão de espaços de estados existe, o que torna inviável este tipo de análise. Logo, foram utilizadas técnicas de simplificação de modelos, visando a viabilizar este tipo de análise.

A motivação para se utilizar um modelo simplificado nestas análises é devido ao fato de que o modelo proposto, neste trabalho, em RPCHs, têm grafos de ocorrência que contêm mais de 200.000 nós, o que torna as análises formais impraticáveis neste caso. Sendo assim, é importante que se construam grafos de ocorrência mais simples, sem perder muitas informações, através de modificações preliminares e de técnicas de simplificação

de modelos em RPCHs, para que, então, possam ser feitas análises formais - análises de espaços de estados completos e verificações com lógica temporal ASK-CTL - neste modelo simplificado. Mais informações sobre grafos de ocorrência podem ser obtidas em (JENSEN, 1997a) e em (JENSEN, 1997b).

As modificações preliminares, visando à simplificação do modelo proposto - em RPCHs - para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE são descritas a seguir.

- Substituir as *transições de substituição* por *transições*;
- Considerar o valor inteiro relativo à medida analógica da relação de transformação do ATR *05T1* de 16 a 17, ao invés de 1 a 33, haja vista o modelo proposto estar avaliando apenas se este valor é menor que ou igual a 16 ou não.

Estas modificações simplificam os espaços de estados possíveis do modelo proposto. Observe que, após estas modificações preliminares, o modelo proposto, neste trabalho, em RPCHs, para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, não é alterado *funcionalmente*, visto que as propriedades das RPCHs são preservadas.

Após algumas modificações preliminares, a simplificação do modelo proposto, em RPCHs, através de técnicas de simplificação de modelos, para se obter um modelo simplificado - visando às análises formais, análises de espaços de estados completos e verificações com lógica temporal ASK-CTL, deste modelo - é importante, pois com este modelo resultante das modificações preliminares ainda há explosão de espaços de estados. O grafo de ocorrências simplificado contém exatamente a mesma informação que o grafo de ocorrências completo. Deste modo, o grafo de ocorrências simplificado pode ser utilizado para investigar todas as propriedades sistêmicas que podem ser investigadas com o grafo de ocorrências completo. As análises formais realizadas no grafo de ocorrências simplificado é muito mais eficiente do que as análises formais realizadas no grafo de ocorrências completo.

Ao se analisar esta solução para automatizar o procedimento de recomposição de SE, percebe-se que o automatismo ocorre para cada *transição* de cada *página* do modelo, em RPCHs, por vez e seqüencialmente, de acordo com o comportamento que se deseja modelar, tomando como referência o normativo operacional que estabelece as manobras que devem ser executadas, quando da necessidade de se recompor uma SE. Conforme já descrita no Capítulo 8, a ordem preliminar com que as *páginas*, que compõem o "modelo global" da formulação e da resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através da modelagem em RPCHs, são integradas e, conseqüente-

mente, são executadas é, de acordo com o plano de recomposição de SE, estabelecida a seguir.

1. *se_estado;*
2. *se_controle;*
3. *vao5a_disjuntores_86l_reset;*
4. *vao5b_disjuntores_86l_reset;*
5. *vao5c_disjuntores_86l_reset;*
6. *vao4b_disjuntor_86l_reset;*
7. *vao4d_disjuntor_86l_reset;*
8. *vao5c_cdc_86c_reset;*
9. *vao5a_reatores_chaves_fechamento;*
10. *vao5b_reatores_chaves_fechamento;*
11. *vao5a_disjuntores_abertura;*
12. *vao5b_disjuntores_abertura;*
13. *vao5c_disjuntores_abertura;*
14. *vaobt230_disjuntor_abertura;*
15. *vao4b_disjuntor_abertura;*
16. *vao4d_disjuntor_abertura;*
17. *vao5c_cdc_selecao_comando_manual;*
18. *vao5c_cdc_comando_diminuir;*
19. *vao5a_disjuntores_fechamento;*
20. *vao4b_disjuntor_fechamento;*
21. *vao4d_disjuntor_fechamento;*
22. *vao5c_disjuntores_fechamento;*
23. *vao5b_disjuntores_fechamento;*

24. *vao5c_cdc_selecao_comando_automatico*.

Note que há *páginas* estruturalmente equivalentes neste modelo proposto em RPCHs. Algumas *páginas* que têm estruturas equivalentes e suas respectivas justificativas das estruturas equivalentes são descritas a seguir.

- *vao5c_disjuntores_86l_reset* → estruturalmente equivalente à *página vao5a_disjuntores_86l_reset*;
- *vao4b_disjuntor_86l_reset* → estruturalmente equivalente à *página vao5a_disjuntores_86l_reset*, em que a ficha *a* da *página vao4b_disjuntor_86l_reset* é semelhante à ficha *dj(1)* da *página vao5a_disjuntores_86l_reset*;
- *vao4d_disjuntor_86l_reset* → estruturalmente equivalente à *página vao5a_disjuntores_86l_reset*, em que a ficha *a* da *página vao4d_disjuntor_86l_reset* é semelhante à ficha *dj(1)* da *página vao5a_disjuntores_86l_reset*;
- *vao5c_cdc_86c_reset* → estruturalmente equivalente à *página vao5a_disjuntores_86l_reset*, em que a ficha *a* da *página vao5c_cdc_86c_reset* é semelhante à ficha *dj(1)* da *página vao5a_disjuntores_86l_reset*;
- *vao5b_disjuntores_abertura* → estruturalmente equivalente à *página vao5a_disjuntores_abertura*;
- *vao5c_disjuntores_abertura* → estruturalmente equivalente à *página vao5a_disjuntores_abertura*;
- *vaobt230_disjuntor_abertura* → estruturalmente equivalente à *página vao5a_disjuntores_abertura*, em que a ficha *a* da *página vaobt230_disjuntor_abertura* é semelhante à ficha *dj(1)* da *página vao5a_disjuntores_abertura*;
- *vao4b_disjuntor_abertura* → estruturalmente equivalente à *página vao5a_disjuntores_abertura*, em que a ficha *a* da *página vao4b_disjuntor_abertura* é semelhante à ficha *dj(1)* da *página vao5a_disjuntores_abertura*;
- *vao4d_disjuntor_abertura* → estruturalmente equivalente à *página vao5a_disjuntores_abertura*, em que a ficha *a* da *página vao4d_disjuntor_abertura* é semelhante à ficha *dj(1)* da *página vao5a_disjuntores_abertura*;

- *vao5c_cdc_selecao_comando_manual* → estruturalmente equivalente à *página vao5c_cdc_comando_diminuir*;
- *vao4b_disjuntor_fechamento* → estruturalmente equivalente à *página vao5a_disjuntores_fechamento*, em que a ficha *a* da *página vao4b_disjuntor_fechamento* é semelhante à ficha *dj(1)* da *página vao5a_disjuntores_fechamento*;
- *vao4d_disjuntor_fechamento* → estruturalmente equivalente à *página vao5a_disjuntores_fechamento*, em que a ficha *a* da *página vao4d_disjuntor_fechamento* é semelhante à ficha *dj(1)* da *página vao5a_disjuntores_fechamento*;
- *vao5c_disjuntores_fechamento* → estruturalmente equivalente à *página vao5a_disjuntores_fechamento*;
- *vao5c_cdc_selecao_comando_automatico* → estruturalmente equivalente à *página vao5c_cdc_comando_diminuir*.

Logo, o modelo simplificado - obtido através de técnicas de simplificação de modelos, em RPCHs - a partir do modelo proposto e modificado preliminarmente, neste trabalho - para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, em RPCHs, é composto das *páginas* a seguir.

- *se_estado*;
- *se_controle*;
- *vao5a_disjuntores_86l_reset*;
- *vao5b_disjuntores_86l_reset*;
- *vao5a_reatores_chaves_fechamento*;
- *vao5b_reatores_chaves_fechamento*;
- *vao5a_disjuntores_abertura*;
- *vao5c_cdc_comando_diminuir*;
- *vao5a_disjuntores_fechamento*;
- *vao5b_disjuntores_fechamento*.

Na Figura 9.1, pode-se observar o diagrama em blocos da representação, em RPCHs, da estruturação do modelo simplificado para recomposição automática de SE. O sub-bloco dentro do bloco "*Recomposição Automática de Subestação Simplificada*" representa a "*SE Sobral III Simplificada*". Cada sub-bloco dentro do bloco "*SE Sobral III Simplificada*" representa as *redes*, SE e Vão 5A, ou as *páginas*, Vão 5B - Disjuntores de Potência - "*Reset*" 86l, Vão 5B - Chaves Seccionadoras - Fechamento, Vão 5C - CDC - Comando Diminuir, Vão 5B - Disjuntores de Potência - Fechamento, dos modelos, em RPCHs, explicadas, respectivamente, nos Capítulos 6 e 8, que compõem o sub-bloco "*SE Sobral III Simplificada*".

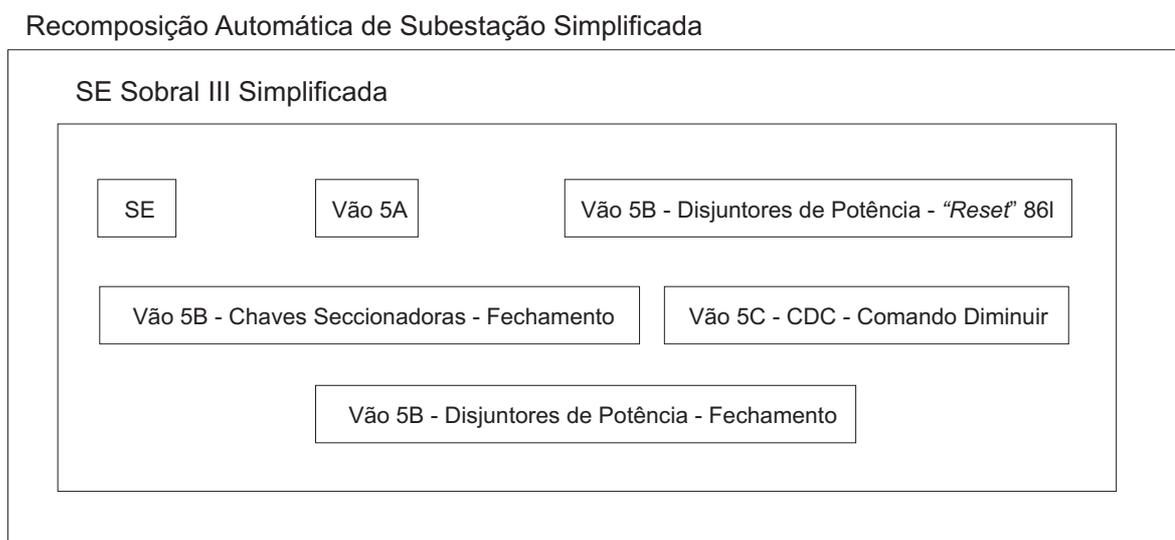


Figura 9.1: Diagrama em Blocos da Representação da Estruturação do Modelo Simplificado.

Tem-se, através de algumas modificações preliminares e da simplificação do modelo proposto com técnicas de simplificação de modelos, em RPCHs, um modelo simplificado - mas representativo - do modelo proposto - para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através de modelagem em RPCHs. Análises formais com este modelo simplificado podem, então, ser realizadas.

Após se obter um modelo simplificado, a partir de algumas modificações preliminares e da simplificação do modelo proposto com técnicas de simplificação de modelos - em RPCHs - o próximo passo é mostrar a verificação do modelo simplificado, através de análises de espaços de estados completos, para iniciar a análise formal.

9.2 Análises de Espaços de Estados Completos

Com o objetivo de se realizar a verificação, através de análises de espaços de estados completos, do modelo simplificado, foi especificado, no CPN Tools, este modelo. O CPN Tools

tem uma ferramenta integrada que realiza a verificação, através de análises de espaços de estados completos, de modelos - em RPCHs - automaticamente. Mais informações sobre a ferramenta integrada de análises de espaços de estados completos do CPN Tools podem ser obtidas em (JENSEN; CHRISTENSEN; KRISTENSEN, 2006).

Após a especificação do modelo simplificado, foram calculados os espaços de estados completos e os grafos de CCFs deste modelo, automaticamente, no CPN Tools.

Em seguida, foi salvo o relatório completo destas análises de espaços de estados completos do modelo simplificado, que é apresentado no Apêndice A. Com este relatório, podem-se realizar as análises das propriedades dinâmicas, já apresentadas no Capítulo 3, que são formas bastante eficientes de análises formais do modelo proposto, em RPCHs, neste trabalho. Note que, neste relatório, podem ser verificadas algumas das características que se desejam modelar na solução proposta, neste trabalho, a partir das análises das propriedades dinâmicas do modelo proposto. Uma das características, por exemplo, que se quer modelar com a solução proposta é que, nesta solução, não haja transições vivas, pois esta característica indicaria um comportamento errôneo do modelo proposto, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de SE, através de modelagem em RPCHs. Esta característica pode ser verificada no relatório completo das análises de espaços de estados completos do modelo simplificado, apresentado no Apêndice A. A análise das propriedades dinâmicas contribui para a comprovação da correteza da solução proposta.

Verificações semelhantes à verificação que foi realizada, anteriormente, para as transições vivas, podem ser realizadas no modelo proposto, neste trabalho, em RPCHs, através das análises das propriedades dinâmicas do modelo proposto mostradas no relatório completo das análises de espaços de estados completos do modelo simplificado, apresentado no Apêndice A, se se desejar uma melhor compreensão das propriedades dinâmicas do modelo proposto, neste trabalho, em RPCHs.

Além das verificações das propriedades dinâmicas do modelo proposto apresentadas no relatório completo das análises de espaços de estados completos do modelo simplificado, podem-se realizar - no CPN Tools - através de códigos na linguagem de programação funcional CPN ML, consultas sobre alguns comportamentos da solução proposta, neste trabalho, em RPCHs. Com o objetivo de verificar alguns comportamentos do modelo proposto, são descritos, a seguir, seis códigos de consultas com suas respectivas respostas e uma breve explicação relacionada a cada código. Na Figura 9.2, estes comportamentos podem ser observados. Posteriormente, estes comportamentos e o motivo de importância de verificá-los são detalhados.

Consulta 1: *Reachable (5,3)*

Resposta 1: *val it = false : bool*

A consulta 1 e sua respectiva resposta indicam que a marcação 3 não pode ser alcançada a partir da marcação 5.

Consulta 2: *Reachable (3,5)*

Resposta 2: *val it = true : bool*

A consulta 2 e sua respectiva resposta indicam que a marcação 5 pode ser alcançado a partir da marcação 3.

Consulta 3: *DeadMarking (8)*

Resposta 3: *val it = false : bool*

A consulta 3 e sua respectiva resposta indicam que a marcação 8 não é uma marcação morta.

Consulta 4: *DeadMarking (5)*

Resposta 4: *val it = true : bool*

A consulta 4 e sua respectiva resposta indicam que a marcação 5 é uma marcação morta.

Consulta 5: *AllReachable ()*

Resposta 5: *val it = false : bool*

A consulta 5 e sua respectiva resposta indicam que nem todas as marcações são alcançáveis uma a partir da outra.

Consulta 6: *HomeSpace [2,6]*

Resposta 6: *val it = false : bool*

A consulta 6 e sua respectiva resposta indicam que, para as marcações de 2 a 6, a partir de qualquer marcação alcançável não é possível alcançar, pelo menos, uma das outras marcações.

Com o objetivo de facilitar a compreensão dessas consultas, são apresentadas, na Figura 9.2, apenas alguns conteúdos detalhados de algumas das marcações e de alguns elementos de ligação de parte dos espaços de estados completos para verificação, através de análises de parte dos espaços de estados completos, do modelo simplificado em RPCHs.

Na Figura 9.2, cada nó representa uma marcação alcançável, enquanto que cada arco representa a ocorrência de um único elemento de ligação, levando a marcação do sistema modelado da marcação do nó fonte para a marcação do nó de destino. Em cada nó, há uma numeração na parte interna e superior, que indica a respectiva marcação. A marcação inicial é, por definição, a marcação 1. Em cada nó, além da numeração associada à marcação, há dois números, separados por ":" na parte interna e inferior: o número à esquerda indica a quantidade de nós antecessores, enquanto que o número à direita indica a quantidade de nós sucessores.

Note que:

- A marcação inicial, que não tem nó antecessor algum, é a marcação 1;

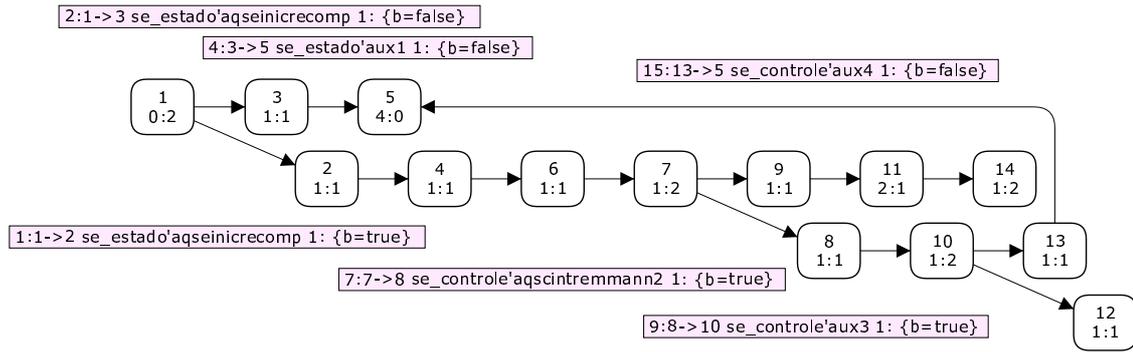


Figura 9.2: Parte dos Espaços de Estados Completos para Verificação do Modelo Simplificado.

- A marcação 1 alcança a marcação 2, quando a *transição* `aqseinirecomp` da *página* `se_estado` dispara com o elemento de ligação $b = true$;
- A marcação 1 alcança a marcação 3, quando a *transição* `aqseinirecomp` da *página* `se_estado` dispara com o elemento de ligação $b = false$;
- A marcação 3 alcança a marcação 5, quando a *transição* `aux1` da *página* `se_estado` dispara com o elemento de ligação $b = false$;
- A marcação 13 alcança a marcação 5, quando a *transição* `aux4` da *página* `se_controle` dispara com o elemento de ligação $b = false$;
- A marcação 5 é uma marcação morta, pois não tem nó sucessor algum;
- A marcação 7 alcança a marcação 8, quando a *transição* `aqscintremmann2` da *página* `se_controle` dispara com o elemento de ligação $b = true$;
- A marcação 8 alcança a marcação 10, quando a *transição* `aux3` da *página* `se_controle` dispara com o elemento de ligação $b = true$.

A marcação 5 é uma marcação morta corretamente, pois é alcançada, por exemplo, a partir da marcação 3, quando a *transição* `aux1` da *página* `se_estado` dispara com o elemento de ligação $b = false$, indicando que o automatismo para a recomposição de SE não deve ser iniciado, conforme já descrito no Capítulo 8.

Logo, após análise de parte dos espaços de estados completos para verificação, através de análises de parte dos espaços de estados completos, do modelo simplificado em RPCHs, apresentada na Figura 9.2, podem-se fazer as observações a seguir.

- A marcação 3 não pode ser alcançada a partir da marcação 5;
- A marcação 5 pode ser alcançado a partir da marcação 3;

- A marcação 8 não é uma marcação morta;
- A marcação 5 é uma marcação morta;
- Nem todas as marcações são alcançáveis uma a partir da outra;
- Para as marcações de 2 a 6, a partir de qualquer marcação alcançável não é possível alcançar, pelo menos, uma das outras marcações.

Estas observações condizem com as verificações do modelo simplificado - através de análises de espaços de estados completos com códigos de consultas - realizadas anteriormente.

Estas consultas, através de códigos na linguagem de programação funcional CPN ML, contribuem para a comprovação da corretude da solução proposta.

Verificações semelhantes às verificações que foram realizadas, anteriormente, através de consultas com códigos na linguagem de programação funcional CPN ML, sobre alguns comportamentos da solução proposta, neste trabalho, em RPCHs, podem ser realizadas, se se desejar uma melhor compreensão das propriedades dinâmicas do modelo proposto.

Tem-se, através de análises de espaços de estados completos do modelo simplificado - mas representativo - do modelo proposto - para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através de modelagem em RPCHs, um modo formal de analisar o modelo proposto.

Após se obter - através de análises de espaços de estados completos do modelo simplificado - um modo formal de analisar o modelo proposto, o próximo passo é mostrar uma outra forma de se verificar o modelo simplificado com lógica temporal ASK-CTL.

9.3 Verificações com Lógica Temporal ASK-CTL

Uma outra forma de se verificar o modelo simplificado, neste trabalho, é utilizando a lógica temporal ASK-CTL. Com o objetivo de se realizar a verificação, através da lógica temporal ASK-CTL, do modelo simplificado, foi especificado, no CPN Tools, este modelo. O CPN Tools tem uma ferramenta integrada que realiza a verificação, através da lógica temporal ASK-CTL, de modelos - em RPCHs - automaticamente. Mais informações sobre a ferramenta integrada de verificação de modelos com a lógica temporal ASK-CTL do CPN Tools podem ser obtidas em (CHRISTENSEN; MORTENSEN, 1996).

Após a especificação do modelo simplificado, foram calculados os espaços de estados completos e os grafos de CCFs deste modelo, automaticamente, no CPN Tools.

Em seguida, foi carregada a biblioteca ASK-CTL, através da avaliação do código *use (ogpath ^"/ASKCTL/ASKCTLloader.sml")* na linguagem de programação funcional CPN ML.

Podem-se, então, desta forma, realizar - no CPN Tools - através de códigos na linguagem de programação funcional CPN ML, consultas sobre alguns comportamentos da solução proposta, neste trabalho, em RPDs, com a lógica temporal ASK-CTL. Com o objetivo de verificar alguns comportamentos do modelo proposto, são descritos, a seguir, seis códigos de consultas - através da lógica temporal ASK-CTL - com suas respectivas respostas e uma breve explicação relacionada a cada código. Posteriormente, o motivo de importância de se realizar estas consultas é detalhado.

Consulta 1:

```
fun IsInitialMarking n = (n=InitNode) ;
```

```
val myASKCTLformula =  
INV(POS(NF("initial marking",  
IsInitialMarking))) ;
```

```
eval_node myASKCTLformula InitNode;
```

Resposta 1:

```
val it = false : bool
```

A consulta 1 e sua respectiva resposta indicam que a marcação inicial não é uma marcação reversível/recorrente.

Consulta 2:

```
val myASKCTLformula = NOT(MODAL(TT)) ;
```

```
eval_node myASKCTLformula 8 ;
```

Resposta 2:

```
val it = false : bool
```

A consulta 2 e sua respectiva resposta indicam que a marcação 8 não é uma marcação morta.

Consulta 3:

```
fun IsConsideredBE d =  
(Bind.vao5a_disjuntores_86l_reset'v5ares86l (1,{d=dj(1)})  
= ArcToBE d) ;
```

```
val myASKCTLformula =  
INV(POS(MODAL(AF("(vao5a_disjuntores_86l_reset'v5ares86l, <d=dj(1)>",  
IsConsideredBE))));
```

```
eval_node myASKCTLformula InitNode ;
```

Resposta 3:

```
val it = false : bool
```

A consulta 3 e sua respectiva resposta indicam que a *transição v5ares86l* da *página vao5a_disjuntores_86l_reset* não está habilitada com o elemento de ligação $d = dj(1)$ na marcação inicial.

Consulta 4:

```
fun Isv5ares86l n d =
  (Bind.vao5a_disjuntores_86l_reset'v5ares86l (1, {d=dj(n)}))
  = ArcToBE d) ;
```

```
val myASKCTLformula =
  MODAL(POS(AF("Is dj(1) v5ares86l",
  Isv5ares86l 1))) ;
```

```
eval_node myASKCTLformula InitNode ;
```

Resposta 4:

```
val it = true : bool
```

A consulta 4 e sua respectiva resposta indicam que a habilitação da *transição v5ares86l* da *página vao5a_disjuntores_86l_reset* com o elemento de ligação $d = dj(1)$ pode ser alcançada a partir da marcação inicial.

Estas verificações com lógica temporal ASK-CTL do modelo simplificado condizem com as verificações - através de análises de espaços de estados completos com códigos de consultas - realizadas anteriormente. Estas consultas, através de códigos na linguagem de programação funcional CPN ML com lógica temporal ASK-CTL, contribuem para a comprovação da correção da solução proposta.

Verificações semelhantes às verificações que foram realizadas, anteriormente - através de consultas com códigos na linguagem de programação funcional CPN ML, utilizando a lógica temporal ASK-CTL - sobre alguns comportamentos da solução proposta, neste trabalho, em RPCHs, podem ser realizadas, se se desejar uma melhor compreensão das propriedades dinâmicas do modelo proposto.

Tem-se, através de análises com a lógica temporal ASK-CTL do modelo simplificado - mas representativo - do modelo proposto - para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através de modelagem em RPCHs, um modo formal de analisar o modelo proposto.

Após se obter - através de análises com a lógica temporal ASK-CTL do modelo simplificado - um modo formal de analisar o modelo proposto, o próximo passo é mostrar uma outra forma de, formalmente, analisar o modelo proposto, através da validação com

simulações e diagramas de seqüências de mensagens de alguns casos testes da solução proposta.

9.4 Simulações

Simulações são técnicas importantes para compreender e corrigir problemas de modelagem em sistemas modelados em RPCHs, especialmente, durante as etapas de projeto e validação preliminar de um grande sistema.

O CPN Tools tem ferramentas integradas que realizam a validação, através de simulações e diagramas de seqüências de mensagens, de modelos em RPCHs. As simulações, no CPN Tools, podem ser realizadas de modo manual, enquanto que as elaborações de relatórios associados a estas simulações podem ser realizadas de modo automático. Os diagramas de seqüências de mensagens associados a determinadas simulações podem ser elaborados de modo automático com o uso da ferramenta BRITNeY Suite ¹, que pode ser utilizada de modo integrado ao CPN Tools.

Com a especificação, no CPN Tools, do modelo proposto, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de SE - em RPCHs - foram realizadas algumas simulações deste modelo e obtidos os respectivos diagramas de seqüências de mensagens associados a estas simulações. Estas simulações e os respectivos diagramas de seqüências de mensagens contribuem para a comprovação da corretude da solução proposta e detectam problemas possíveis no normativo operacional. Com o objetivo de se realizar a validação, através de simulações e diagramas de seqüências de mensagens, do modelo proposto - para automatizar o procedimento de recomposição de SE - foram realizadas, no CPN Tools, quatro simulações. Destas quatro simulações, duas são exemplos e duas são contra-exemplos de casos de testes com o modelo proposto. As simulações são apresentadas, como mostradas a seguir.

- Exemplo 1;
- Exemplo 2;
- Contra-Exemplo 1;
- Contra-Exemplo 2.

¹Mais informações sobre a ferramenta BRITNeY Suite podem ser obtidas na página http://wiki.daimi.au.dk/cpntools-help/animations_and_visualisat.wiki?cmd=get&anchor=Animations+and+visualisation+with+BRITNeY+Suite

9.4.1 Exemplo 1

A simulação do Exemplo 1 foi realizada, imaginando o cenário apresentado a seguir.

- SE desenergizada;
- Controle da SE selecionado para operar pelo despacho de carga;
- Todos os relés de bloqueio atuados;
- Todas as chaves seccionadoras associadas aos reatores de linhas de 500 kV fechadas;
- Relação de transformação do ATR *05T1* na posição 17;
- Todos os disjuntores de potência abertos;
- ATR *05T1* selecionado para operar em modo automático.

Neste cenário, observa-se a necessidade de recompor a SE. Para tal, o automatismo de recomposição realizou as etapas de recomposição, ordenadamente, conforme descritas a seguir.

1. Identificar o desligamento da SE como geral;
2. Colocar as IHMs para operar pelo N2;
3. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15V9*;
4. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15D1*;
5. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15V7*;
6. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15V8*;
7. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15D2*;
8. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15V6*;
9. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15T1*;
10. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15D3*;
11. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *14T1*;
12. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *14L2*;
13. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *14L3*;

14. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do cdc do ATR *05T1*;
15. Confirmar conectado o reator *05E1*, através da respectiva chave seccionadora *35E1-8*;
16. Confirmar conectado o reator *05E2*, através da respectiva chave seccionadora *35E2-8*;
17. Confirmar conectado o reator *05E3*, através da respectiva chave seccionadora *35E3-8*;
18. Confirmar conectado o reator *05E4*, através da respectiva chave seccionadora *35E4-8*;
19. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V9*;
20. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15D1*;
21. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V7*;
22. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V8*;
23. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15D2*;
24. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V6*;
25. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15T1*;
26. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15D3*;
27. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14T1*;
28. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14D1*;
29. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14L2*;
30. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14L3*;
31. Selecionar o cdc do ATR *05T1* para operar em modo manual;
32. Posicionar a relação de transformação do ATR *05T1* na faixa de 1 a 16;
33. Fechar o disjuntor de potência *15V9*;
34. Fechar o disjuntor de potência *15D1*;
35. Fechar o disjuntor de potência *15V7*;

36. Fechar o disjuntor de potência *14L2*;
37. Fechar o disjuntor de potência *14L3*;
38. Fechar o disjuntor de potência *15T1*;
39. Fechar o disjuntor de potência *15D3*;
40. Fechar o disjuntor de potência *14T1*;
41. Fechar o disjuntor de potência *15V8*;
42. Fechar o disjuntor de potência *15D2*;
43. Fechar o disjuntor de potência *15V6*;
44. Selecionar o cdc do ATR *05T1* para operar em modo automático.

Na Figura 9.3, tem-se o diagrama de seqüências de mensagens, associado à etapa 1, do Exemplo 1, mostrando parte da dinâmica do modelo proposto, neste trabalho, já apresentado no Capítulo 8.

Note que:

- Em diagramas de seqüências de mensagens, os quadrados com descrições associadas, na parte superior, representam os lugares, enquanto que as setas e os quadrados pretos com descrições associadas representam os disparos de transições do modelo em RPCHs;
- Em diagramas de seqüências de mensagens, a leitura deve ser realizada de cima para baixo e da esquerda para a direita, pois a referência de tempo, associada aos disparos de transições, é estabelecida desta forma.

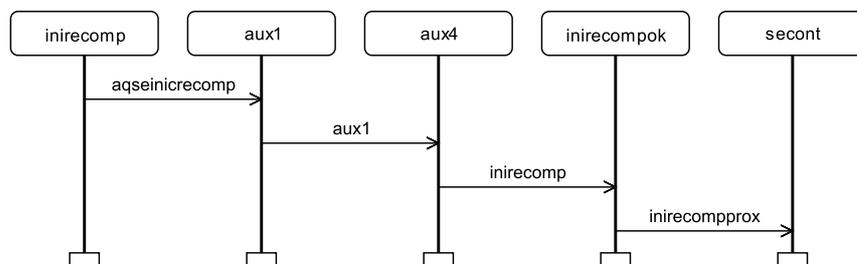


Figura 9.3: Diagrama de Seqüências de Mensagens, Associado à Etapa 1, do Exemplo 1.

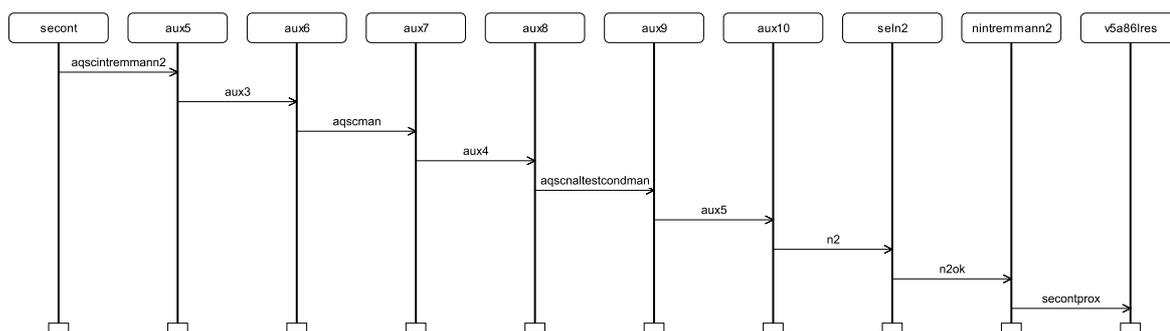


Figura 9.4: Diagrama de Sequências de Mensagens, Associado à Etapa 2, do Exemplo 1.

Na Figura 9.4, tem-se o diagrama de seqüências de mensagens, associado à etapa 2, do Exemplo 1, mostrando parte da dinâmica do modelo proposto, neste trabalho, já apresentado no Capítulo 8.

Na Figura 9.5, tem-se o diagrama de seqüências de mensagens, associado às etapas 3, 4 e 5, do Exemplo 1, mostrando parte da dinâmica do modelo proposto, neste trabalho, já apresentado no Capítulo 8.

Na Figura 9.6, tem-se o diagrama de seqüências de mensagens, associado às etapas 15 e 16, do Exemplo 1, mostrando parte da dinâmica do modelo proposto, neste trabalho, já apresentado no Capítulo 8.

Na Figura 9.7, tem-se o diagrama de seqüências de mensagens, associado às etapas 17 e 18, do Exemplo 1, mostrando parte da dinâmica do modelo proposto, neste trabalho, já apresentado no Capítulo 8.

Na Figura 9.8, tem-se o diagrama de seqüências de mensagens, associado às etapas 19, 20 e 21, do Exemplo 1, mostrando parte da dinâmica do modelo proposto, neste trabalho, já apresentado no Capítulo 8.

Na Figura 9.9, tem-se o diagrama de seqüências de mensagens, associado às etapas 22, 23 e 24, do Exemplo 1, mostrando parte da dinâmica do modelo proposto, neste trabalho, já apresentado no Capítulo 8.

Observe que todas as etapas, associadas ao Exemplo 1, foram realizadas com sucesso. Note também que, por exemplo, na etapa 43, a solução proposta neste trabalho apenas comandará o fechamento do disjuntor de potência *15V6* se não houver condição alguma que impeça esta manobra, como o evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*", atuado, associado ao fechamento deste disjuntor. Caso o comando de fechamento deste disjuntor de potência fosse executado, quando houvesse alguma condição que deveria impedir esta manobra, como o evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*", atuado - associado ao fechamento deste disjuntor - danos severos ao sistema de potência poderiam ser causados. Esta

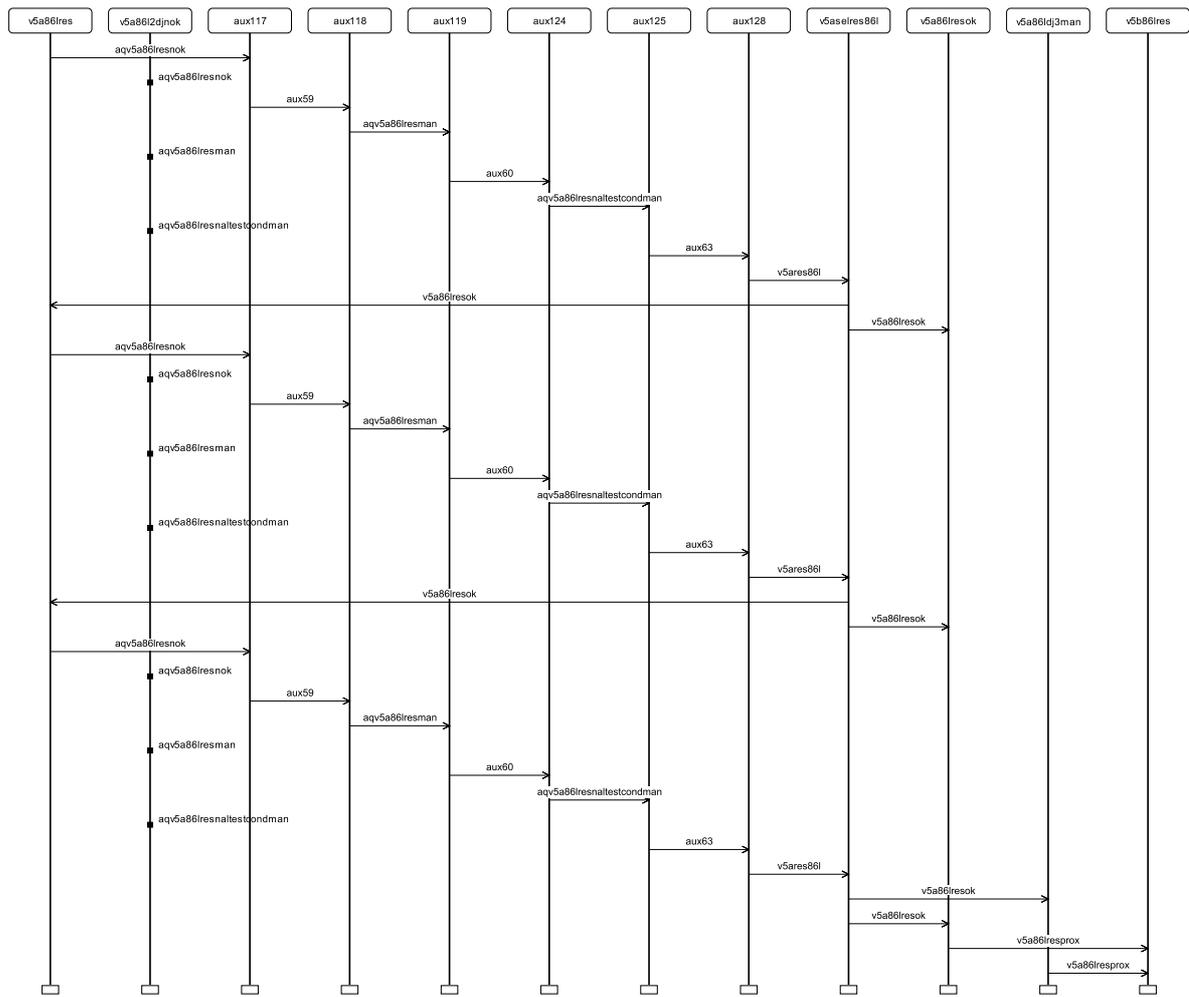


Figura 9.5: Diagrama de Sequências de Mensagens, Associado às Etapas 3, 4 e 5, do Exemplo 1.

condição não é descrita no normativo operacional. Desta forma, percebe-se que com esta simulação, associada ao Exemplo 1, é possível a detecção de problemas no normativo operacional. O relatório completo desta simulação - Exemplo 1 - do modelo proposto é apresentado no Apêndice B. Com este relatório, pode-se validar a dinâmica do modelo proposto relacionada a este caso de teste.

9.4.2 Exemplo 2

A simulação do Exemplo 2 foi realizada, similarmente, imaginando o mesmo cenário apresentado anteriormente para o Exemplo 1. Neste cenário, observa-se a necessidade de recompor a SE. Para tal, o automatismo de recomposição realizou as etapas de recomposição, ordenadamente, conforme descritas a seguir.

1. Identificar o desligamento da SE como geral;

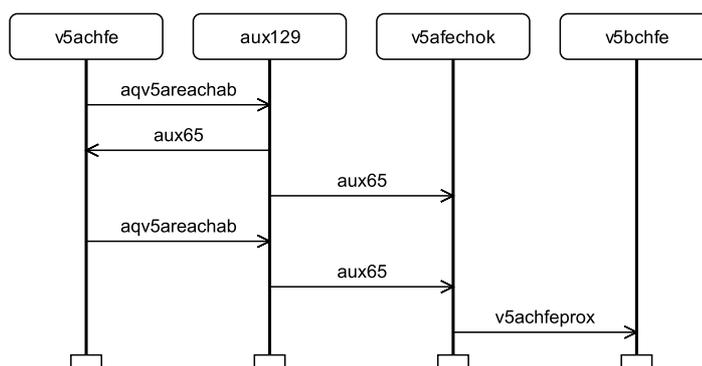


Figura 9.6: Diagrama de Sequências de Mensagens, Associado às Etapas 15 e 16, do Exemplo 1.

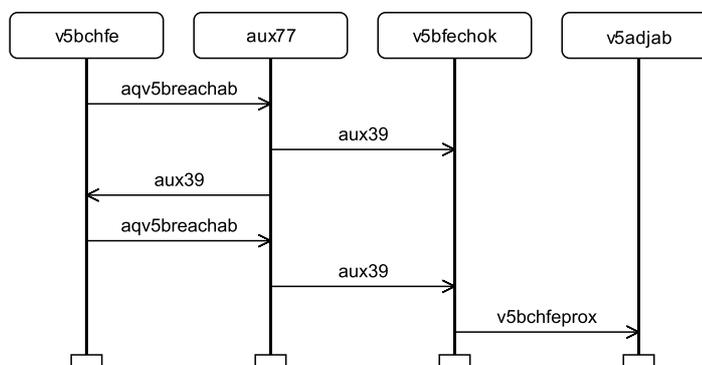


Figura 9.7: Diagrama de Sequências de Mensagens, Associado às Etapas 17 e 18, do Exemplo 1.

2. Colocar as IHMs para operar pelo N2;
3. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor de potência 15V9;
4. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor de potência 15D1;
5. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor de potência 15V7;
6. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor de potência 15V8;
7. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor de potência 15D2;
8. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor de potência 15V6;
9. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor de potência 15T1;
10. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor de potência 15D3;

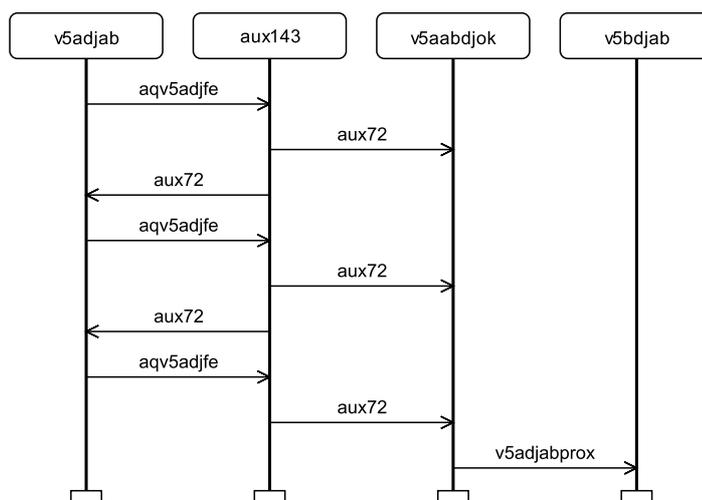


Figura 9.8: Diagrama de Sequências de Mensagens, Associado às Etapas 19, 20 e 21, do Exemplo 1.

11. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor de potência $14T1$;
12. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor de potência $14L2$;
13. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor de potência $14L3$;
14. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do cdc do ATR $05T1$;
15. Confirmar conectado o reator $05E1$, através da respectiva chave seccionadora $35E1-8$;
16. Confirmar conectado o reator $05E2$, através da respectiva chave seccionadora $35E2-8$;
17. Confirmar conectado o reator $05E3$, através da respectiva chave seccionadora $35E3-8$;
18. Confirmar conectado o reator $05E4$, através da respectiva chave seccionadora $35E4-8$;
19. Confirmar aberto o disjuntor de potência $15V9$;
20. Confirmar aberto o disjuntor de potência $15D1$;
21. Confirmar aberto o disjuntor de potência $15V7$;
22. Confirmar aberto o disjuntor de potência $15V8$;
23. Confirmar aberto o disjuntor de potência $15D2$;

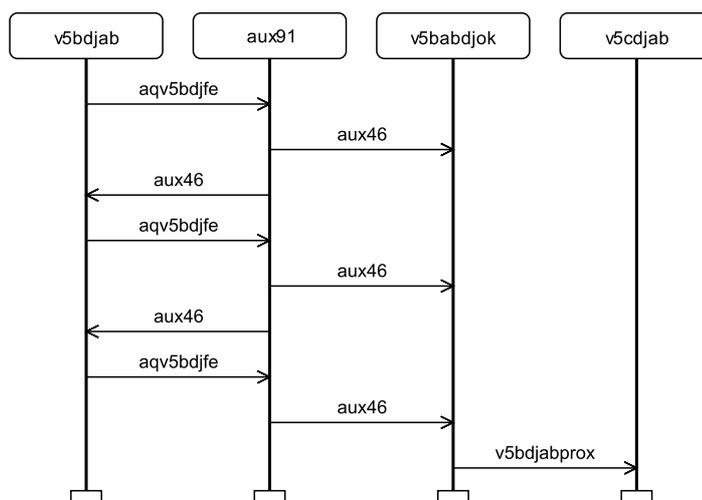


Figura 9.9: Diagrama de Sequências de Mensagens, Associado às Etapas 22, 23 e 24, do Exemplo 1.

24. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V6*;
25. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15T1*;
26. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15D3*;
27. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14T1*;
28. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14D1*;
29. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14L2*;
30. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14L3*;
31. Selecionar o cdc do ATR *05T1* para operar em modo manual;
32. Posicionar a relação de transformação do ATR *05T1* na faixa de 1 a 16;
33. Fechar o disjuntor de potência *15V9*;
34. Fechar o disjuntor de potência *15D1*;
35. Fechar o disjuntor de potência *15V8*;
36. Fechar o disjuntor de potência *15D2*;
37. Fechar o disjuntor de potência *15V6*;
38. Fechar o disjuntor de potência *14L2*;

39. Fechar o disjuntor de potência $14L3$;
40. Fechar o disjuntor de potência $15T1$;
41. Fechar o disjuntor de potência $15D3$;
42. Fechar o disjuntor de potência $14T1$;
43. Selecionar o cdc do ATR $05T1$ para operar em modo automático.

Na Figura 9.10, tem-se o diagrama de seqüências de mensagens, associado às etapas 33 e 34, do Exemplo 2, mostrando parte da dinâmica do modelo proposto, neste trabalho, já apresentado no Capítulo 8.

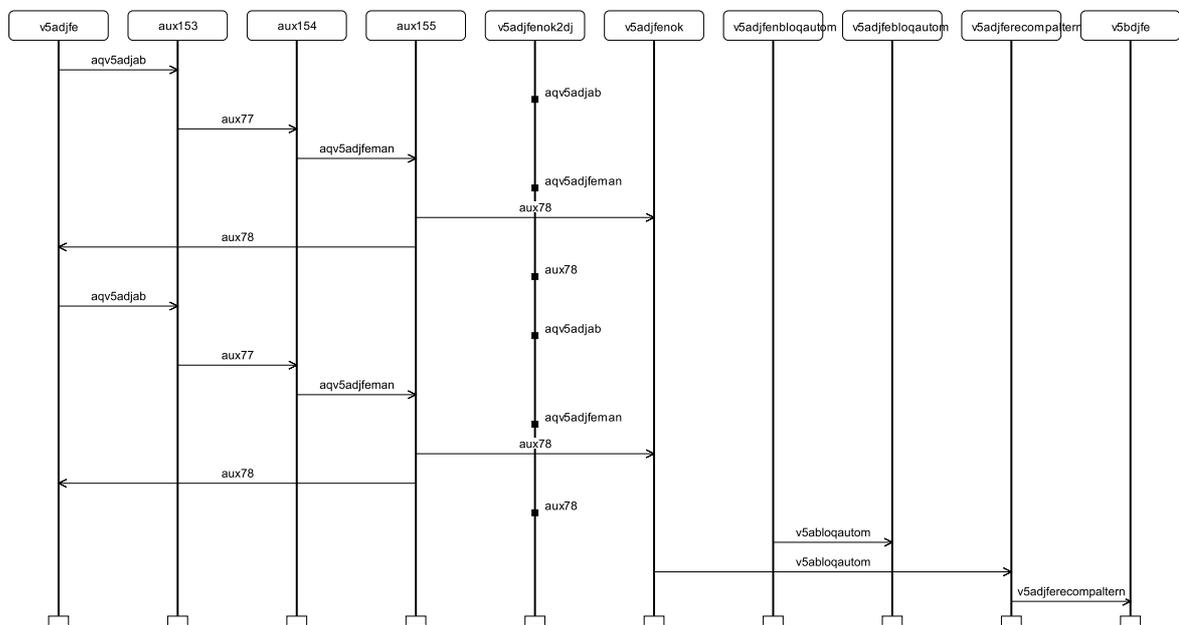


Figura 9.10: Diagrama de Seqüências de Mensagens, Associado às Etapas 33 e 34, do Exemplo 2.

Observe que as etapas 33 e 34, associadas ao Exemplo 2, não foram realizadas com sucesso. As demais etapas foram realizadas com sucesso. Note também que, por exemplo, na etapa 39, a solução proposta neste trabalho apenas comandará o fechamento do disjuntor de potência $14L3$ se não houver condição alguma que impeça esta manobra, como o evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*", atuado, associado ao fechamento deste disjuntor. Caso o comando de fechamento deste disjuntor de potência fosse executado, quando houvesse alguma condição que deveria impedir esta manobra, como o evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*", atuado - associado ao fechamento deste disjuntor - danos

severos ao sistema de potência poderiam ser causados. Esta condição não é descrita no normativo operacional. Desta forma, percebe-se que com esta simulação, associada ao Exemplo 2, é possível a detecção de problemas no normativo operacional. O relatório completo desta simulação - Exemplo 2 - do modelo proposto é apresentado no Apêndice B. Com este relatório, pode-se validar a dinâmica do modelo proposto relacionada a este caso de teste.

9.4.3 Contra-Exemplo 1

A simulação do Contra-Exemplo 1 foi realizada, similarmente, imaginando o mesmo cenário apresentado anteriormente para o Exemplo 1. Neste cenário, observa-se a necessidade de recompor a SE. Para tal, o automatismo de recomposição realizou as etapas de recomposição, ordenadamente, conforme descritas a seguir.

1. Identificar o desligamento da SE como geral;
2. Colocar as IHMs para operar pelo N2;
3. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15V9*;
4. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15D1*;
5. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15V7*;
6. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15V8*;
7. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15D2*;
8. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15V6*;
9. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15T1*;
10. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15D3*;
11. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *14T1*;
12. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *14L2*;
13. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *14L3*;
14. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do cdc do ATR *05T1*;
15. Confirmar conectado o reator *05E1*, através da respectiva chave seccionadora *35E1-8*;

16. Confirmar conectado o reator *05E2*, através da respectiva chave seccionadora *35E2-8*;
17. Confirmar conectado o reator *05E3*, através da respectiva chave seccionadora *35E3-8*;
18. Confirmar conectado o reator *05E4*, através da respectiva chave seccionadora *35E4-8*;
19. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V9*;
20. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15D1*;
21. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V7*;
22. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V8*;
23. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15D2*;
24. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V6*;
25. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15T1*;
26. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15D3*;
27. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14T1*;
28. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14D1*;
29. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14L2*;
30. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14L3*;
31. Selecionar o cdc do ATR *05T1* para operar em modo manual;
32. Posicionar a relação de transformação do ATR *05T1* na faixa de 1 a 16;
33. Fechar o disjuntor de potência *15V9*;
34. Fechar o disjuntor de potência *15D1*;
35. Fechar o disjuntor de potência *15V8*.

Observe que as etapas 33, 34 e 35, associadas ao Contra-Exemplo 1, não foram realizadas com sucesso. As demais etapas foram realizadas com sucesso. Note também que, por exemplo, na etapa 32, a solução proposta neste trabalho apenas posicionará a relação de transformação do ATR *05T1* na faixa de 1 a 16 se não houver condição alguma que

impeça esta manobra, como o evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*", atuado, associado ao posicionamento da relação de transformação do ATR *05T1* na faixa de 1 a 16. Caso o comando para posicionar a relação de transformação do ATR *05T1* na faixa de 1 a 16 fosse executado, quando houvesse alguma condição que deveria impedir esta manobra, como o evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*", atuado - associado ao posicionamento da relação de transformação do ATR *05T1* na faixa de 1 a 16 - danos severos ao sistema de potência poderiam ser causados. Esta condição não é descrita no normativo operacional. Desta forma, percebe-se que com esta simulação, associada ao Contra-Exemplo 1, é possível a detecção de problemas no normativo operacional. O relatório completo desta simulação - Contra-Exemplo 1 - do modelo proposto é apresentado no Apêndice B. Com este relatório, pode-se validar a dinâmica do modelo proposto relacionada a este caso de teste.

9.4.4 Contra-Exemplo 2

A simulação do Contra-Exemplo 2 foi realizada, similarmente, imaginando o mesmo cenário apresentado anteriormente para o Exemplo 1. Neste cenário, observa-se a necessidade de recompor a SE. Para tal, o automatismo de recomposição realizou as etapas de recomposição, ordenadamente, conforme descritas a seguir.

1. Identificar o desligamento da SE como geral;
2. Colocar as IHMs para operar pelo N2;
3. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15V9*;
4. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15D1*;
5. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15V7*;
6. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15V8*;
7. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15D2*;
8. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15V6*;
9. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15T1*;
10. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *15D3*;
11. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *14T1*;
12. Comandar o "*reset*" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *14L2*;

13. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do disjuntor de potência *14L3*;
14. Comandar o "reset" do relé de bloqueio do cdc do ATR *05T1*;
15. Confirmar conectado o reator *05E1*, através da respectiva chave seccionadora *35E1-8*;
16. Confirmar conectado o reator *05E2*, através da respectiva chave seccionadora *35E2-8*;
17. Confirmar conectado o reator *05E3*, através da respectiva chave seccionadora *35E3-8*;
18. Confirmar conectado o reator *05E4*, através da respectiva chave seccionadora *35E4-8*;
19. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V9*;
20. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15D1*;
21. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V7*;
22. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V8*;
23. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15D2*;
24. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15V6*;
25. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15T1*;
26. Confirmar aberto o disjuntor de potência *15D3*;
27. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14T1*;
28. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14D1*;
29. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14L2*;
30. Confirmar aberto o disjuntor de potência *14L3*;
31. Selecionar o cdc do ATR *05T1* para operar em modo manual;
32. Posicionar a relação de transformação do ATR *05T1* na faixa de 1 a 16;
33. Fechar o disjuntor de potência *15V9*;
34. Fechar o disjuntor de potência *15D1*;

35. Fechar o disjuntor de potência *15V8*;
36. Fechar o disjuntor de potência *15D2*;
37. Fechar o disjuntor de potência *15V6*.

Observe que as etapas 33, 34 e 37, associadas ao Contra-Exemplo 2, não foram realizadas com sucesso. As demais etapas foram realizadas com sucesso. Note também que, por exemplo, na etapa 35, a solução proposta neste trabalho apenas comandará o fechamento do disjuntor de potência *15V8* se não houver condição alguma que impeça esta manobra, como o evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*", atuado, associado ao fechamento deste disjuntor. Caso o comando de fechamento deste disjuntor de potência fosse executado, quando houvesse alguma condição que deveria impedir esta manobra, como o evento "*Não houve alteração das condições avaliadas ou avaliadas e manobradas*", atuado - associado ao fechamento deste disjuntor - danos severos ao sistema de potência poderiam ser causados. Esta condição não é descrita no normativo operacional. Desta forma, percebe-se que com esta simulação, associada ao Contra-Exemplo 2, é possível a detecção de problemas no normativo operacional. O relatório completo desta simulação - Contra-Exemplo 2 - do modelo proposto é apresentado no Apêndice B. Com este relatório, pode-se validar a dinâmica do modelo proposto relacionada a este caso de teste.

Validações semelhantes às validações que foram realizadas, anteriormente, através de simulações e diagramas de seqüências de mensagens, sobre alguns comportamentos dinâmicos da solução proposta, neste trabalho, em RPCHs, podem ser realizadas, se se desejar uma melhor compreensão da dinâmica do modelo proposto.

Tem-se, através de simulações e diagramas de seqüências de mensagens do modelo proposto - para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através de modelagem em RPCHs - um modo formal de analisar o modelo proposto.

9.5 Os Desdobramentos

Desta forma, tem-se a análise - formalmente - da solução proposta, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de SE, em RPCHs, através da verificação - análises de espaços de estados e verificações com lógica temporal ASK-CTL - do modelo simplificado - mas representativo - do modelo proposto e da validação - simulações e diagramas de seqüências de mensagens - do modelo proposto.

A verificação do modelo simplificado e a validação do modelo proposto, conjuntamente, comprovam a corretude da solução proposta e detectam problemas possíveis no normativo

operacional. Isto valoriza a solução proposta neste trabalho.

No próximo capítulo, são apresentadas as conclusões deste trabalho: compromissos, contribuições e sugestões de trabalhos futuros.

Capítulo 10

Conclusão

A solução proposta, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de SE - através de modelagem em RPCHs - é segura, confiável, rápida e eficiente. Esta solução evita estados proibidos, visando à segurança. RPCHs garantem a correção da solução proposta o que a torna confiável. A dinâmica da solução proposta torna esta solução rápida. A solução proposta executa suas ações sem perda de tempo e de modo correto, o que a torna eficiente.

10.1 Compromissos

O uso dos princípios de SEDs, através de um método formal - RPCHs - para formular e resolver o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SEs é justificável, devido às seguintes características:

- Natureza: a dinâmica do sistema a ser modelado pode ser considerada como a de um SED;
- Complexidade: representação da dinâmica complexa de um SED em linguagens formais;
- Metodologia: possibilidade de fácil generalização por se tratar de uma solução estruturada e sistematizada;
- Escalabilidade: solução escalável em modo gráfico;
- Correção: uso de métodos formais, visando à segurança e à confiabilidade da solução proposta, haja vista tratar-se de um SED crítico;
- Eficiência: uso de ferramentas computacionais que implementam os algoritmos dos princípios de SEDs, visando à comprovação da eficiência da solução proposta.

10.2 Contribuições

Utilizando a modelagem lógica com RPCHs, é possível representar a dinâmica de um caso de uma subestação real em um modo prático, estruturado, direto, detalhado e conciso.

Neste trabalho, é proposta uma solução para automatizar o procedimento de recomposição de SE - em RPCHs - de modo seguro, confiável, rápido e eficiente. O normativo operacional - que estabelece as manobras que devem ser realizadas na SE, quando for necessária sua recomposição, é tomado como referência. Informações operacionais da SE, ou seja, informações associadas à SE e aos equipamentos da SE que devem ser manobrados são também consideradas. Esta solução evita estados proibidos, visando à segurança. RPCHs garantem a corretude o que torna esta solução confiável. A dinâmica apresentada nesta solução a faz rápida. Esta solução executa suas ações sem perda de tempo e de modo correto, o que a torna eficiente. A solução proposta neste trabalho tem as vantagens de:

- Não ter dificuldade de representar uma base de conhecimento e/ou projetar um mecanismo eficiente de inferência para determinar que ações devem ser tomadas, a partir de um grande volume de conhecimento baseado em regras;
- Não ter limitações de desempenho, trabalhando com múltiplas faltas;
- Não depender do conhecimento do operador, o que não compromete a aquisição do conhecimento e o desempenho desta solução;
- Considerar os dados operacionais relacionados aos equipamentos da SE;
- Possuir uma dinâmica que permite apenas o processamento das informações atualizadas;
- Ser robusta, ou seja, se houver problema em adquirir algumas informações e/ou comandar alguns equipamentos, há caminhos alternativos para o sucesso da recomposição de SE;
- Ser estruturada e sistematizada, o que ocasiona uma fácil generalização, facilitando, assim, uma possível manutenção e/ou ampliação;
- Ter provas, através de métodos formais, da sua corretude;
- Possibilitar a integração em um caso real.

A sincronização entre a solução proposta e o sistema supervisor é importante, pois permite que as informações processadas pela solução proposta sejam atuais. Isto resolve o problema relacionado ao tempo de aquisição e ao tempo de processamento das informações da SE.

A definição da função lógica booleana de recomposição neste trabalho é importante, pois permite uma simplificação das informações da SE, o que facilita a formulação e a resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE.

A formulação e a resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE - através de modelagem em RPCHs - possibilita o uso de ferramentas computacionais - CPN Tools - que implementam os algoritmos da teoria de RPCHs, o que comprova a eficiência desta solução.

A formulação e a resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE com modelagem em RPCHs - de modo metodológico e escalável - tornam possível a generalização da solução proposta, neste trabalho, para automatizar o procedimento de recomposição de SE, não só para diversas SEs, como também para outras plantas, além de SEs.

O uso de um método formal - RPCHs - através dos princípios de SEDs, torna também possível a análise formal - através de análises de espaços de estados completos e de verificações com a lógica temporal ASK-CTL do modelo proposto neste trabalho. Esta análise formal, conjuntamente, com as validações, através de simulações e de diagramas de sequências de mensagens, comprovam a corretude da solução proposta, detectam problemas possíveis no procedimento de recomposição de SE e fornecem uma solução segura, confiável, rápida e eficiente para o problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE. Isto valoriza a solução proposta neste trabalho.

A possibilidade de integração da solução proposta neste trabalho para automatizar o procedimento de recomposição de SE com sistemas reais faz com que esta solução seja de aplicação direta e prática.

A formulação e a resolução do problema de automatizar o procedimento de recomposição de SE, através de modelagem em RPCHs, fornecem uma ferramenta importante para o automatismo de recomposição de SE. A solução proposta, neste trabalho, pode ser utilizada por empresas de energia elétrica de modo eficiente, o que pode representar ganhos relevantes sejam de ordem operacional, sejam de ordem financeira para estas empresas.

A generalização da solução proposta, neste trabalho, poderá também ser utilizada em outras plantas, além de SEs, de modo eficiente, o que poderá representar ganhos relevantes sejam de ordem operacional, sejam de ordem financeira para estas plantas.

10.3 Sugestões de Trabalhos Futuros

Trabalhos futuros:

- Desenvolver, testar e implantar um módulo de recomposição automática de SE na

Norma IEC-61850 ¹;

- Desenvolver um sistema eficiente de diagnóstico de faltas para SEs;
- Integrar a solução proposta neste trabalho para automatizar o procedimento de recomposição de SE com um sistema eficiente de diagnóstico de faltas para SEs;
- Testar e implantar a solução proposta neste trabalho para automatizar o procedimento de recomposição de SE com um sistema eficiente de diagnóstico de faltas em SEs;
- Desenvolver a solução proposta neste trabalho para automatizar o procedimento de recomposição de outras plantas, além de SEs;
- Desenvolver sistemas eficientes de diagnóstico de distúrbios para outras plantas, além de SEs;
- Integrar a solução proposta neste trabalho para automatizar o procedimento de recomposição de outras plantas, além de SEs, com sistemas eficientes de diagnóstico de distúrbios para outras plantas, associados a estas outras plantas;
- Testar e implantar a solução proposta neste trabalho para automatizar o procedimento de recomposição de outras plantas, além de SEs, com sistemas eficientes de diagnóstico de distúrbios, associados a estas outras plantas, em outras plantas.

¹A Norma IEC-61850 é o padrão internacional para sistemas de automação de subestações. Esta Norma define a comunicação entre os dispositivos nas subestações e os requisitos dos sistemas relacionados. Esta Norma também estabelece todas as funções de automação de subestações e suas respectivas soluções de engenharia.

Apêndice A

Relatório das Análises de Espaços de Estados Completos

A.1 Modelo Simplificado

CPN Tools state space report for:

E:\LucianoAntonioCalmonLisboa\UFCG\Dissertação\CPNTools\
se_sbt_recomposicao_rpch_ver1.10_simplif_ee_ver1.3.cpn

Report generated: Tue Jul 22 14:31:04 2008

Statistics

State Space

Nodes: 32836

Arcs: 40966

Secs: 88

Status: Full

Scc Graph

Nodes: 32458

Arcs: 40534

Secs: 2

Boundedness Properties

Best Integer Bounds

		Upper	Lower		
se_controle'aux10	1	1	0		
se_controle'aux5	1	1	0		
se_controle'aux6	1	1	0		
se_controle'aux7	1	1	0		
se_controle'aux8	1	1	0		
se_controle'aux9	1	1	0		
se_controle'bloqautom	1	1	0		
se_controle'nbloqautom	1	1	0		
se_controle'nintremmann2	1	1	0		
se_controle'secont	1	1	0		
se_controle'seln2	1	1	0		
se_controle'v5a86lres	1	1	0		
se_estado'aux1	1	1	0		
se_estado'aux4	1	1	0		
se_estado'bloqautom	1	1	0		
se_estado'inirecomp	1	1	0		
se_estado'inirecompok	1	1	0		
se_estado'nbloqautom	1	1	0		
se_estado'secont	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux117	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux118	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux119	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux124	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux125	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux128	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86l2djnok	1	1	1		
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86ldj3man	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lres	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresbloqautom	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresnbloqautom	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresnok	1	2	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresok	1	3	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresrecompaltern	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5aselres86l	1	1	0		
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5b86lres	1	1	0		
vao5a_disjuntores_abertura'aux143	1	1	0		

vao5a_disjuntore_abertura'aux144	1	1	0	
vao5a_disjuntore_abertura'aux145	1	1	0	
vao5a_disjuntore_abertura'aux150	1	1	0	
vao5a_disjuntore_abertura'aux151	1	1	0	
vao5a_disjuntore_abertura'aux152	1	1	0	
vao5a_disjuntore_abertura'bloqautom	1	1	0	
vao5a_disjuntore_abertura'nbloqautom	1	1	0	
vao5a_disjuntore_abertura'v5aabdjok	1	3	0	
vao5a_disjuntore_abertura'v5adjab	1	1	0	
vao5a_disjuntore_abertura'v5aselabdj	1	1	0	
vao5a_disjuntore_abertura'v5ccdcmddim	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'aux153	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'aux154	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'aux155	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'aux164	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'aux165	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'aux168	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'v5adjfe	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'v5adjfebloqautom	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'v5adjfedj3	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'v5adjfenbloqautom	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'v5adjfenok	1	2	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'v5adjfenok2dj	1	1	1	
vao5a_disjuntore_fechamento'v5adjferecompaltern	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'v5afedjok	1	3	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'v5aselfedj	1	1	0	
vao5a_disjuntore_fechamento'v5bdjfe	1	1	0	
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux129	1	1	0	
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux130	1	1	0	
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux131	1	1	0	
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux138	1	1	0	
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux139	1	1	0	
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux142	1	1	0	
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achfe	1	1	0	
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achfebloqautom	1	1	0	
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achfenbloqautom	1	1	0	
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achferecompaltern	1	1	0	

vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5afechok	1	2	0
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5aselfech	1	1	0
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5bchfe	1	1	0
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux65	1	1	0
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux66	1	1	0
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux67	1	1	0
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux72	1	1	0
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux73	1	1	0
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux76	1	1	0
vao5b_disjuntores_86l_reset'bloqautom	1	1	0
vao5b_disjuntores_86l_reset'nbloqautom	1	1	0
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5achfe	1	1	0
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5b86lres	1	1	0
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5b86lresok	1	3	0
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5bselres86l	1	1	0
vao5b_disjuntores_fechamento'aux101	1	1	0
vao5b_disjuntores_fechamento'aux102	1	1	0
vao5b_disjuntores_fechamento'aux103	1	1	0
vao5b_disjuntores_fechamento'aux112	1	1	0
vao5b_disjuntores_fechamento'aux113	1	1	0
vao5b_disjuntores_fechamento'aux116	1	1	0
vao5b_disjuntores_fechamento'bloqautom	1	1	0
vao5b_disjuntores_fechamento'nbloqautom	1	1	0
vao5b_disjuntores_fechamento'v5bdjfe	1	1	0
vao5b_disjuntores_fechamento'v5bfdjok	1	3	0
vao5b_disjuntores_fechamento'v5bselfedj	1	1	0
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux77	1	1	0
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux78	1	1	0
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux79	1	1	0
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux86	1	1	0
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux87	1	1	0
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux90	1	1	0
vao5b_reatores_chaves_fechamento'bloqautom	1	1	0
vao5b_reatores_chaves_fechamento'nbloqautom	1	1	0
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5adjab	1	1	0
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bchfe	1	1	0
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bfechok	1	2	0

vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bselfech	1	1	0
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux35	1	1	0
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux36	1	1	0
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux37	1	1	0
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux46	1	1	0
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux47	1	1	0
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux50	1	1	0
vao5c_cdc_comando_diminuir'bloqautom	1	1	0
vao5c_cdc_comando_diminuir'nbloqautom	1	1	0
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5adjfe	1	1	0
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdcemddim	1	1	0
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdcseldim	1	1	0
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdetapok	1	1	0

Best Upper Multi-set Bounds

se_controle'aux10	1	1'a
se_controle'aux5	1	1'(a,false)++ 1'(a,true)
se_controle'aux6	1	1'a
se_controle'aux7	1	1'(a,false)++ 1'(a,true)
se_controle'aux8	1	1'a
se_controle'aux9	1	1'(a,false)++ 1'(a,true)
se_controle'bloqautom	1	1'a
se_controle'nbloqautom	1	1'a
se_controle'nintremmann2	1	1'a
se_controle'secont	1	1'a
se_controle'seln2	1	1'a
se_controle'v5a86lres	1	1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
se_estado'aux1	1	1'(a,false)++ 1'(a,true)
se_estado'aux4	1	1'a
se_estado'bloqautom	1	1'a
se_estado'inirecomp	1	1'a
se_estado'inirecompok	1	1'a
se_estado'nbloqautom	1	1'a
se_estado'secont	1	1'a
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux117	1	1'(dj(1),false)++ 1'(dj(1),true)++ 1'(dj(2),false)++ 1'(dj(2),true)++ 1'(dj(3),false)++ 1'(dj(3),true)
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux118	1	1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)

```

vao5a_disjuntores_86l_reset'aux119    1      1'(dj(1),false,0)++ 1'(dj(1),true,0)++
1'(dj(2),false,0)++ 1'(dj(2),false,1)++ 1'(dj(2),true,0)++ 1'(dj(2),true,1)++
1'(dj(3),false,0)++ 1'(dj(3),false,1)++ 1'(dj(3),true,0)++ 1'(dj(3),true,1)
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux124    1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux125    1      1'(dj(1),false,0)++ 1'(dj(1),true,0)++
1'(dj(2),false,0)++ 1'(dj(2),false,1)++ 1'(dj(2),true,0)++ 1'(dj(2),true,1)++
1'(dj(3),false,0)++ 1'(dj(3),false,1)++ 1'(dj(3),true,0)++ 1'(dj(3),true,1)
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux128    1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86l2djnok  1      1'0++ 1'1++ 1'2
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86ldj3man  1      1'dj(3)
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lres  1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresbloqautom  1      1'a
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresnbloqautom  1      1'a
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresnok  1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresok  1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresrecompalturn  1      1'a
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5aselres86l  1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5b86lres  1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_abertura'aux143    1      1'(dj(1),false)++ 1'(dj(1),true)++
1'(dj(2),false)++ 1'(dj(2),true)++ 1'(dj(3),false)++ 1'(dj(3),true)
vao5a_disjuntores_abertura'aux144    1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_abertura'aux145    1      1'(dj(1),false)++ 1'(dj(1),true)++
1'(dj(2),false)++ 1'(dj(2),true)++ 1'(dj(3),false)++ 1'(dj(3),true)
vao5a_disjuntores_abertura'aux150    1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_abertura'aux151    1      1'(dj(1),false)++ 1'(dj(1),true)++
1'(dj(2),false)++ 1'(dj(2),true)++ 1'(dj(3),false)++ 1'(dj(3),true)
vao5a_disjuntores_abertura'aux152    1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_abertura'bloqautom  1      1'a
vao5a_disjuntores_abertura'nbloqautom  1      1'a
vao5a_disjuntores_abertura'v5aabdjok  1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_abertura'v5adjab  1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_abertura'v5aselabdj  1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_abertura'v5ccdccmddim  1      1'a
vao5a_disjuntores_fechamento'aux153  1      1'(dj(1),false)++ 1'(dj(1),true)++
1'(dj(2),false)++ 1'(dj(2),true)++ 1'(dj(3),false)++ 1'(dj(3),true)
vao5a_disjuntores_fechamento'aux154  1      1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5a_disjuntores_fechamento'aux155  1      1'(dj(1),false,0)++ 1'(dj(1),true,0)++

```

$1'(dj(2),false,0)++$ $1'(dj(2),false,1)++$ $1'(dj(2),true,0)++$ $1'(dj(2),true,1)++$
 $1'(dj(3),false,0)++$ $1'(dj(3),false,1)++$ $1'(dj(3),true,0)++$ $1'(dj(3),true,1)$
vao5a_disjuntores_fechamento'aux164 1 $1'dj(1)++$ $1'dj(2)++$ $1'dj(3)$
vao5a_disjuntores_fechamento'aux165 1 $1'(dj(1),false,0)++$ $1'(dj(1),true,0)++$
 $1'(dj(2),false,0)++$ $1'(dj(2),false,1)++$ $1'(dj(2),true,0)++$ $1'(dj(2),true,1)++$
 $1'(dj(3),false,0)++$ $1'(dj(3),false,1)++$ $1'(dj(3),true,0)++$ $1'(dj(3),true,1)$
vao5a_disjuntores_fechamento'aux168 1 $1'dj(1)++$ $1'dj(2)++$ $1'dj(3)$
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfe 1 $1'dj(1)++$ $1'dj(2)++$ $1'dj(3)$
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfabloqautom 1 1'a
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfedj3 1 $1'dj(3)$
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfenbloqautom 1 1'a
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfenok 1 $1'dj(1)++$ $1'dj(2)++$ $1'dj(3)$
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfenok2dj 1 $1'0++$ $1'1++$ $1'2$
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjferecompalterm 1 1'a
vao5a_disjuntores_fechamento'v5afedjok 1 $1'dj(1)++$ $1'dj(2)++$ $1'dj(3)$
vao5a_disjuntores_fechamento'v5aselfedj 1 $1'dj(1)++$ $1'dj(2)++$ $1'dj(3)$
vao5a_disjuntores_fechamento'v5bdjfe 1 $1'dj(1)++$ $1'dj(2)++$ $1'dj(3)$
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux129 1 $1'(ch(1),false)++$ $1'(ch(1),true)++$
 $1'(ch(2),false)++$ $1'(ch(2),true)$
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux130 1 $1'ch(1)++$ $1'ch(2)$
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux131 1 $1'(ch(1),false)++$ $1'(ch(1),true)++$
 $1'(ch(2),false)++$ $1'(ch(2),true)$
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux138 1 $1'ch(1)++$ $1'ch(2)$
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux139 1 $1'(ch(1),false)++$ $1'(ch(1),true)++$
 $1'(ch(2),false)++$ $1'(ch(2),true)$
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux142 1 $1'ch(1)++$ $1'ch(2)$
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achfe 1 $1'ch(1)++$ $1'ch(2)$
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achfabloqautom 1 1'a
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achfenbloqautom 1 1'a
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achferecompalterm 1 1'a
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5afechok 1 $1'ch(1)++$ $1'ch(2)$
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5aselfech 1 $1'ch(1)++$ $1'ch(2)$
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5bchfe 1 $1'ch(1)++$ $1'ch(2)$
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux65 1 $1'(dj(1),false)++$ $1'(dj(1),true)++$
 $1'(dj(2),false)++$ $1'(dj(2),true)++$ $1'(dj(3),false)++$ $1'(dj(3),true)$
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux66 1 $1'dj(1)++$ $1'dj(2)++$ $1'dj(3)$
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux67 1 $1'(dj(1),false)++$ $1'(dj(1),true)++$

```

1'(dj(2),false)++ 1'(dj(2),true)++ 1'(dj(3),false)++ 1'(dj(3),true)
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux72    1          1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux73    1          1'(dj(1),false)++ 1'(dj(1),true)++
1'(dj(2),false)++ 1'(dj(2),true)++ 1'(dj(3),false)++ 1'(dj(3),true)
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux76    1          1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5b_disjuntores_86l_reset'bloqautom  1          1'a
vao5b_disjuntores_86l_reset'nbloqautom 1          1'a
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5achfe  1          1'ch(1)++ 1'ch(2)
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5b86lres 1          1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5b86lresok 1          1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5bselres86l 1          1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5b_disjuntores_fechamento'aux101  1          1'(dj(1),false)++ 1'(dj(1),true)++
1'(dj(2),false)++ 1'(dj(2),true)++ 1'(dj(3),false)++ 1'(dj(3),true)
vao5b_disjuntores_fechamento'aux102  1          1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5b_disjuntores_fechamento'aux103  1          1'(dj(1),false)++ 1'(dj(1),true)++
1'(dj(2),false)++ 1'(dj(2),true)++ 1'(dj(3),false)++ 1'(dj(3),true)
vao5b_disjuntores_fechamento'aux112  1          1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5b_disjuntores_fechamento'aux113  1          1'(dj(1),false)++ 1'(dj(1),true)++
1'(dj(2),false)++ 1'(dj(2),true)++ 1'(dj(3),false)++ 1'(dj(3),true)
vao5b_disjuntores_fechamento'aux116  1          1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5b_disjuntores_fechamento'bloqautom 1          1'a
vao5b_disjuntores_fechamento'nbloqautom 1          1'a
vao5b_disjuntores_fechamento'v5bdjfe  1          1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5b_disjuntores_fechamento'v5bfdjok 1          1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5b_disjuntores_fechamento'v5bselfedj 1          1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux77 1          1'(ch(1),false)++ 1'(ch(1),true)++
1'(ch(2),false)++ 1'(ch(2),true)
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux78 1          1'ch(1)++ 1'ch(2)
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux79 1          1'(ch(1),false)++ 1'(ch(1),true)++
1'(ch(2),false)++ 1'(ch(2),true)
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux86 1          1'ch(1)++ 1'ch(2)
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux87 1          1'(ch(1),false)++ 1'(ch(1),true)++
1'(ch(2),false)++ 1'(ch(2),true)
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux90 1          1'ch(1)++ 1'ch(2)
vao5b_reatores_chaves_fechamento'bloqautom 1          1'a
vao5b_reatores_chaves_fechamento'nbloqautom 1          1'a
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5adjab 1          1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)

```

vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bchfe	1	1'ch(1)++ 1'ch(2)
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bfechok	1	1'ch(1)++ 1'ch(2)
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bselfech	1	1'ch(1)++ 1'ch(2)
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux35	1	1'(a,16)++ 1'(a,17)
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux36	1	1'a
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux37	1	1'(a,false)++ 1'(a,true)
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux46	1	1'a
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux47	1	1'(a,false)++ 1'(a,true)
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux50	1	1'a
vao5c_cdc_comando_diminuir'bloqautom	1	1'a
vao5c_cdc_comando_diminuir'nbloqautom	1	1'a
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5adjfe	1	1'dj(1)++ 1'dj(2)++ 1'dj(3)
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdcemddim	1	1'a
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdcseldim	1	1'a
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdcetapok	1	1'a

Best Lower Multi-set Bounds

se_controle'aux10	1	empty
se_controle'aux5	1	empty
se_controle'aux6	1	empty
se_controle'aux7	1	empty
se_controle'aux8	1	empty
se_controle'aux9	1	empty
se_controle'bloqautom	1	empty
se_controle'nbloqautom	1	empty
se_controle'nintremmann2	1	empty
se_controle'secont	1	empty
se_controle'seln2	1	empty
se_controle'v5a86lres	1	empty
se_estado'aux1	1	empty
se_estado'aux4	1	empty
se_estado'bloqautom	1	empty
se_estado'inirecomp	1	empty
se_estado'inirecompok	1	empty
se_estado'nbloqautom	1	empty
se_estado'secont	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux117	1	empty

vao5a_disjuntores_86l_reset'aux118	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux119	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux124	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux125	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux128	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86l2djnok	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86ldj3man	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lres	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresbloqautom	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresnbloqautom	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresnok	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresok	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresrecompalturn	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5aselres86l	1	empty
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5b86lres	1	empty
vao5a_disjuntores_abertura'aux143	1	empty
vao5a_disjuntores_abertura'aux144	1	empty
vao5a_disjuntores_abertura'aux145	1	empty
vao5a_disjuntores_abertura'aux150	1	empty
vao5a_disjuntores_abertura'aux151	1	empty
vao5a_disjuntores_abertura'aux152	1	empty
vao5a_disjuntores_abertura'bloqautom	1	empty
vao5a_disjuntores_abertura'nbloqautom	1	empty
vao5a_disjuntores_abertura'v5aabdjok	1	empty
vao5a_disjuntores_abertura'v5adjab	1	empty
vao5a_disjuntores_abertura'v5aselabdj	1	empty
vao5a_disjuntores_abertura'v5ccdcmddim	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'aux153	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'aux154	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'aux155	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'aux164	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'aux165	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'aux168	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfe	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfebloqautom	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfedj3	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfenbloqautom	1	empty

vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfenok	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfenok2dj	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjferecompaltern	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'v5afedjok	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'v5aselfedj	1	empty
vao5a_disjuntores_fechamento'v5bdjfe	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux129	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux130	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux131	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux138	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux139	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux142	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achfe	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achfebloqautom	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achfenbloqautom	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achferecompaltern	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5afechok	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5aselfech	1	empty
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5bchfe	1	empty
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux65	1	empty
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux66	1	empty
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux67	1	empty
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux72	1	empty
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux73	1	empty
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux76	1	empty
vao5b_disjuntores_86l_reset'bloqautom	1	empty
vao5b_disjuntores_86l_reset'nbloqautom	1	empty
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5achfe	1	empty
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5b86lres	1	empty
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5b86lresok	1	empty
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5bselres86l	1	empty
vao5b_disjuntores_fechamento'aux101	1	empty
vao5b_disjuntores_fechamento'aux102	1	empty
vao5b_disjuntores_fechamento'aux103	1	empty
vao5b_disjuntores_fechamento'aux112	1	empty
vao5b_disjuntores_fechamento'aux113	1	empty
vao5b_disjuntores_fechamento'aux116	1	empty

vao5b_disjuntores_fechamento'bloqautom	1	empty
vao5b_disjuntores_fechamento'nbloqautom	1	empty
vao5b_disjuntores_fechamento'v5bdjfe	1	empty
vao5b_disjuntores_fechamento'v5bfedjok	1	empty
vao5b_disjuntores_fechamento'v5bselfedj	1	empty
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux77	1	empty
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux78	1	empty
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux79	1	empty
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux86	1	empty
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux87	1	empty
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux90	1	empty
vao5b_reatores_chaves_fechamento'bloqautom	1	empty
vao5b_reatores_chaves_fechamento'nbloqautom	1	empty
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5adjab	1	empty
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bchfe	1	empty
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bfechok	1	empty
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bselfech	1	empty
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux35	1	empty
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux36	1	empty
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux37	1	empty
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux46	1	empty
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux47	1	empty
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux50	1	empty
vao5c_cdc_comando_diminuir'bloqautom	1	empty
vao5c_cdc_comando_diminuir'nbloqautom	1	empty
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5adjfe	1	empty
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdcemddim	1	empty
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdcselfdim	1	empty
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdcetapok	1	empty

Home Properties

Home Markings

None

Liveness Properties

Dead Markings

2665 [9996,995,9926,9921,9916,...]

Dead Transition Instances

None

Live Transition Instances

None

Fairness Properties

se_controle'aqscintremmann2	1	Fair	
se_controle'aqscman	1	Fair	
se_controle'aqscnaltestcondman	1	Fair	
se_controle'aux3	1	Fair	
se_controle'aux4	1	Fair	
se_controle'aux5	1	Fair	
se_controle'n2	1	Fair	
se_controle'n2fal	1	Fair	
se_controle'n2ok	1	Fair	
se_controle'secontprox	1	Fair	
se_estado'aqseinicrecomp	1	Fair	
se_estado'aux1	1	Fair	
se_estado'inirecomp	1	Fair	
se_estado'inirecompprox	1	Fair	
vao5a_disjuntores_86l_reset'aqv5a86lresman	1	Fair	
vao5a_disjuntores_86l_reset'aqv5a86lresnaltestcondman	1	Fair	Fair
vao5a_disjuntores_86l_reset'aqv5a86lresnok	1	Fair	
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux59	1	Fair	
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux60	1	Fair	
vao5a_disjuntores_86l_reset'aux63	1	Fair	
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresfal	1	Fair	
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresok	1	Fair	
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresprox	1	Fair	
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5a86lresrecompaltern	1	Fair	Fair
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5abloqautom	1	Fair	
vao5a_disjuntores_86l_reset'v5ares86l	1	Fair	

vao5a_disjuntores_abertura'aqv5adjabman	1	Fair		
vao5a_disjuntores_abertura'aqv5adjfe	1	Fair		
vao5a_disjuntores_abertura'aux72	1	Fair		
vao5a_disjuntores_abertura'aux73	1	Fair		
vao5a_disjuntores_abertura'aux76	1	Fair		
vao5a_disjuntores_abertura'ts_aqv5adjabnaltestcondman	1	Fair	1	Fair
vao5a_disjuntores_abertura'v5aabdj	1	Fair		
vao5a_disjuntores_abertura'v5aabdjfal	1	Fair		
vao5a_disjuntores_abertura'v5aabdjok	1	Fair		
vao5a_disjuntores_abertura'v5adjabprox	1	Fair		
vao5a_disjuntores_fechamento'aqv5adjab	1	Fair		
vao5a_disjuntores_fechamento'aqv5adjfeman	1	Fair		
vao5a_disjuntores_fechamento'aux77	1	Fair		
vao5a_disjuntores_fechamento'aux78	1	Fair		
vao5a_disjuntores_fechamento'aux83	1	Fair		
vao5a_disjuntores_fechamento'ts_aqv5adjfenaltestcondman	1	Fair	1	Fair
vao5a_disjuntores_fechamento'v5abloqautom	1	Fair		
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjfeprox	1	Fair		
vao5a_disjuntores_fechamento'v5adjferecompalturn	1	Fair		
vao5a_disjuntores_fechamento'v5afedj	1	Fair		
vao5a_disjuntores_fechamento'v5afedjfal	1	Fair		
vao5a_disjuntores_fechamento'v5afedjok	1	Fair		
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aqv5areachab	1	Fair		
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aqv5areachfeman	1	Fair		
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux65	1	Fair		
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux66	1	Fair		
vao5a_reatores_chaves_fechamento'aux70	1	Fair		
vao5a_reatores_chaves_fechamento'ts_aqv5areachfenaltestcondman	1	Fair	1	Fair
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achfeprox	1	Fair		
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5achferecompalturn	1	Fair		
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5afech	1	Fair		
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5afechfal	1	Fair		
vao5a_reatores_chaves_fechamento'v5afechok	1	Fair		
vao5b_disjuntores_86l_reset'aqv5b86lresman	1	Fair		
vao5b_disjuntores_86l_reset'aqv5b86lresnok	1	Fair		
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux33	1	Fair		
vao5b_disjuntores_86l_reset'aux34	1	Fair		

vao5b_disjuntores_86l_reset'aux37	1	Fair		
vao5b_disjuntores_86l_reset'ts_aqv5b86lresnaltestcondman	1	Fair		
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5b86lresprox	1	Fair		
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5bres86l	1	Fair		
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5bres86lfal	1	Fair		
vao5b_disjuntores_86l_reset'v5bres86lok	1	Fair		
vao5b_disjuntores_fechamento'aqv5bdjab	1	Fair		
vao5b_disjuntores_fechamento'aqv5bdjfeman	1	Fair		
vao5b_disjuntores_fechamento'aux51	1	Fair		
vao5b_disjuntores_fechamento'aux52	1	Fair		
vao5b_disjuntores_fechamento'aux57	1	Fair		
vao5b_disjuntores_fechamento'ts_aqv5bdjfenaltestcondman	1	Fair		
vao5b_disjuntores_fechamento'v5bfedj	1	Fair		
vao5b_disjuntores_fechamento'v5bfedjfal	1	Fair		
vao5b_disjuntores_fechamento'v5bfedjok	1	Fair		
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aqv5breachab	1	Fair		
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aqv5breachfeman	1	Fair		
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux39	1	Fair		
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux40	1	Fair		
vao5b_reatores_chaves_fechamento'aux44	1	Fair		
vao5b_reatores_chaves_fechamento'ts_aqv5breachfenaltestcondman	1	Fair		
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bchfeprox	1	Fair		
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bfech	1	Fair		
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bfechfal	1	Fair		
vao5b_reatores_chaves_fechamento'v5bfechok	1	Fair		
vao5c_cdc_comando_diminuir'aqv5ccdcmddimman	1	Impartial		
vao5c_cdc_comando_diminuir'aqv5ccdctap	1	Impartial		
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux18	1	Impartial		
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux19	1	Impartial		
vao5c_cdc_comando_diminuir'aux24	1	Impartial		
vao5c_cdc_comando_diminuir'ts_aqv5ccdcmddimnaltestcondman	1	Impartial		
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdcmddimprox	1	Fair		
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdcdim	1	Impartial		
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdcdimfal	1	Just		
vao5c_cdc_comando_diminuir'v5ccdcdimok	1	Impartial		

Apêndice B

Relatórios das Simulações

B.1 Exemplo 1

CPN Tools simulation report for:

E:\LucianoAntonioCalmonLisboa\UFCG\Dissertação\CPNTools\
se_sbt_recomposicao_rpch_ver1.10_simplif.cpn

Report generated: Fri Jul 04 19:02:28 2008

1 0 aqseinicrecomp @ (1:se_estado)

- b = true

2 0 aux1 @ (1:se_estado)

- b = true

3 0 inirecomp @ (1:se_estado)

4 0 inirecompprox @ (1:se_estado)

5 0 aqscintremmann2 @ (1:se_controle)

- b = true

6 0 aux3 @ (1:se_controle)

- b = true

7 0 aqscman @ (1:se_controle)

- b = true

8 0 aux4 @ (1:se_controle)

- b = true

9 0 aqscnaltestcondman @ (1:se_controle)

- b = true

10 0 aux5 @ (1:se_controle)

- b = true

11 0 n2 @ (1:se_controle)

12 0 n2ok @ (1:se_controle)

13 0 secontprox @ (1:se_controle)

14 0 aqv5a86lresnok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

15 0 aux59 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

16 0 aqv5a86lresman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

17 0 aux60 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

18 0 aqv5a86lresnaltestcondman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

19 0 aux63 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

20 0 v5ares86l @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

21 0 v5a86lresok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

22 0 aqv5a86lresnok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

23 0 aux59 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

24 0 aqv5a86lresman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

25 0 aux60 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

26 0 aqv5a86lresnaltestcondman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

27 0 aux63 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

28 0 v5ares86l @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

29 0 v5a86lresok @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

30 0 aqv5a86lresnok @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

31 0 aux59 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

32 0 aqv5a86lresman @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

33 0 aux60 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

34 0 aqv5a86lresnaltestcondman @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

35 0 aux63 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

36 0 v5ares86l @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

37 0 v5a86lresok @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

38 0 v5a86lresprox @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- p = dj(3)

39 0 aqv5b86lresnok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

40 0 aux33 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

41 0 aqv5b86lresman @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

42 0 aux34 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

43 0 aqv5b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5b86lresnaltestcondman)

- d = dj(1)

- b = true

44 0 aux37 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

45 0 v5bres86l @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(1)

46 0 v5bres86lok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(1)

47 0 aqv5b86lresnok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(2)
- b = true

48 0 aux33 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(2)
- b = true

49 0 aqv5b86lresman @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(2)
- b = true

50 0 aux34 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(2)
- b = true

51 0 aqv5b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5b86lresnaltestcondman)
- d = dj(2)
- b = true

52 0 aux37 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(2)
- b = true

53 0 v5bres86l @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(2)

54 0 v5bres86lok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(2)

55 0 aqv5b86lresnok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

56 0 aux33 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

57 0 aqv5b86lresman @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

58 0 aux34 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

59 0 aqv5b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5b86lresnaltestcondman)

- d = dj(3)
- b = true

60 0 aux37 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

61 0 v5bres86l @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

62 0 v5bres86lok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

63 0 v5b86lresprox @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

64 0 aqv5c86lresnok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)
- b = true

65 0 aux85 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

66 0 aqv5c86lresman @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

67 0 aux86 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

68 0 aqv5c86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5c86lresnaltestcondman)

- d = dj(1)

- b = true

69 0 aux89 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

70 0 v5cres86l @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

71 0 v5c86lresok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

72 0 aqv5c86lresnok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

73 0 aux85 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

74 0 aqv5c86lresman @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

75 0 aux86 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)
- b = true

76 0 aqv5c86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5c86lresnaltestcondman)

- d = dj(2)
- b = true

77 0 aux89 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)
- b = true

78 0 v5cres86l @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

79 0 v5c86lresok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

80 0 aqv5c86lresnok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

81 0 aux85 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

82 0 aqv5c86lresman @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

83 0 aux86 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

84 0 aqv5c86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5c86lresnaltestcondman)

- d = dj(3)
- b = true

85 0 aux89 @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

86 0 v5cres86l @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

87 0 v5c86lresok @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

88 0 v5c86lresprox @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

89 0 aqv4b86lresnok @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

90 0 aux104 @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

91 0 aqv4b86lresman @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

92 0 aux105 @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

93 0 aqv4b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv4b86lresnaltestcondman)

- b = true

94 0 aux108 @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

95 0 v4bres86l @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

96 0 v4bres86lok @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

97 0 v4b86lresprox @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

98 0 aqv4d86lresnok @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

- b = true

99 0 aux123 @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

- b = true

100 0 aqv4d86lresman @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

- b = true

101 0 aux124 @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

- b = true

102 0 aqv4d86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv4d86lresnaltestcondman)

- b = true

103 0 aux127 @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

- b = true

104 0 v4dres86l @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

105 0 v4dres86lok @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

106 0 v4d86lresprox @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

107 0 aqv5ccdc86cnok @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

108 0 aux6 @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

109 0 aqv5ccdc86cresman @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

110 0 aux7 @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

111 0 aqv5ccdc86cresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5ccdc86cresnaltestcondman)

- b = true

```
112 0 aux10 @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)
- b = true

113 0 v5cres86c @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

114 0 v5cres86cok @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

115 0 v5c86cresprox @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

116 0 aqv5areachab @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)
- c = ch(1)
- b = false

117 0 aux65 @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)
- c = ch(1)
- b = false

118 0 aqv5areachab @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)
- c = ch(2)
- b = false

119 0 aux65 @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)
- c = ch(2)
- b = false

120 0 v5achfeprox @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)

121 0 aqv5breachab @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)
- c = ch(1)
- b = false

122 0 aux39 @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)
- c = ch(1)
- b = false

123 0 aqv5breachab @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)
```

- c = ch(2)
- b = false

124 0 aux39 @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(2)
- b = false

125 0 v5bchfeprox @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

126 0 aqv5adjfe @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(1)
- b = false

127 0 aux72 @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(1)
- b = false

128 0 aqv5adjfe @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(2)
- b = false

129 0 aux72 @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(2)
- b = false

130 0 aqv5adjfe @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(3)
- b = false

131 0 aux72 @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(3)
- b = false

132 0 v5adjabprox @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

133 0 aqv5bdjfe @ (1:vao5b_disjuntores_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

134 0 aux46 @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

135 0 aqv5bdjfe @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

136 0 aux46 @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

137 0 aqv5bdjfe @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

138 0 aux46 @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

139 0 v5bdjabprox @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

140 0 aqv5cdjfe @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

141 0 aux91 @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

142 0 aqv5cdjfe @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

143 0 aux91 @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

144 0 aqv5cdjfe @ (1:vao5c_disjuntores_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

145 0 aux91 @ (1:vao5c_disjuntores_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

146 0 v5cdjabprox @ (1:vao5c_disjuntores_abertura)

147 0 aqvbt230djfe @ (1:vaobt_230_disjuntor_abertura)

- b = false

148 0 aux142 @ (1:vaobt_230_disjuntor_abertura)

- b = false

149 0 vbt230djabprox @ (1:vaobt_230_disjuntor_abertura)

150 0 aqv4bdjfe @ (1:vao4b_disjuntor_abertura)

- b = false

151 0 aux110 @ (1:vao4b_disjuntor_abertura)

- b = false

152 0 v4bdjabprox @ (1:vao4b_disjuntor_abertura)

153 0 aqv4ddjfe @ (1:vao4d_disjuntor_abertura)

- b = false

154 0 aux129 @ (1:vao4d_disjuntor_abertura)

- b = false

155 0 v4ddjabprox @ (1:vao4d_disjuntor_abertura)

156 0 aqv5ccdcselcmdautom @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)
- b = true

157 0 aux12 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)
- b = true

158 0 aqv5ccdcselcmdmanman @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)
- b = true

159 0 aux13 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)
- b = true

160 0 aqv5ccdcselcmdmannaltestcondman @ (1:ts_aqv5ccdcselcmdmannaltestcondman)
- b = true

161 0 aux16 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)
- b = true

162 0 v5ccdccmdman @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

163 0 v5ccdccmdmanok @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

164 0 v5ccdcselcmdmanprox @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

165 0 aqv5ccdctap @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)
- t = 17

166 0 aux18 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)
- t = 17

167 0 aqv5ccdcemddimman @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)
- b = true

168 0 aux19 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)
- b = true

169 0 aqv5ccdcemddimnaltestcondman @ (1:ts_aqv5ccdcemddimnaltestcondman)

- b = true

170 0 aux24 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- b = true

171 0 v5ccdcdim @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

172 0 v5ccdcdimok @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

173 0 aqv5ccdctap @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 16

174 0 aux18 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 16

175 0 v5ccdccmddimprox @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

176 0 aqv5adjab @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

177 0 aux77 @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

178 0 aqv5adjfeman @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

179 0 aux78 @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

180 0 aqv5adjfenaltestcondman @ (1:ts_aqv5adjfenaltestcondman)

- d = dj(1)
- i = 0
- b = true

181 0 aux83 @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)
- d = dj(1)
- i = 0
- b = true

182 0 v5afedj @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)
- d = dj(1)

183 0 v5afedjok @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)
- d = dj(1)

184 0 aqv5adjab @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)
- d = dj(2)
- i = 0
- b = true

185 0 aux77 @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)
- d = dj(2)
- b = true

186 0 aqv5adjfeman @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)
- d = dj(2)
- i = 0
- b = true

187 0 aux78 @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)
- d = dj(2)
- i = 0
- b = true

188 0 aqv5adjfenaltestcondman @ (1:ts_aqv5adjfenaltestcondman)
- d = dj(2)
- i = 0

- b = true

189 0 aux83 @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

190 0 v5afedj @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

191 0 v5afedjok @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

192 0 aqv5adjab @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

193 0 aux77 @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

194 0 aqv5adjfeman @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

195 0 aux78 @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

196 0 aqv5adjfenaltestcondman @ (1:ts_aqv5adjfenaltestcondman)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

197 0 aux83 @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

198 0 v5afedj @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(3)

199 0 v5afedjok @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(3)

200 0 v5adjfeprox @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(2)

- p = dj(3)

201 0 aqv4bdjab @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

- b = true

202 0 aux115 @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

- b = true

203 0 aqv4bdjfeman @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

- b = true

204 0 aux116 @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

- b = true

205 0 aqv4bdjfenaltestcondman @ (1:ts_aqv4bdjfenaltestcondman)

- b = true

206 0 aux121 @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

- b = true

207 0 v4bfedj @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

208 0 v4bfedjok @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

209 0 v4bdjfeprox @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

210 0 aqv4ddjab @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

- b = true

211 0 aux134 @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

- b = true

212 0 aqv4ddjfeman @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

- b = true

213 0 aux135 @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

- b = true

214 0 aqv4ddjfenaltestcondman @ (1:ts_aqv4ddjfenaltestcondman)

- b = true

215 0 aux140 @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

- b = true

216 0 v4dfedj @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

217 0 v4dfedjok @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

218 0 v4ddjfeprox @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

219 0 aqv5cdjab @ (1:vao5c_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

220 0 aux96 @ (1:vao5c_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

221 0 aqv5cdjfeman @ (1:vao5c_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

222 0 aux97 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

223 0 aqv5cdjfenaltestcondman @ (1:ts_aqv5cdjfenaltestcondman)

- d = dj(1)

- b = true

224 0 aux102 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

225 0 v5cfedj @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

226 0 v5cfedjok @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

227 0 aqv5cdjab @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

228 0 aux96 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

229 0 aqv5cdjfeman @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

230 0 aux97 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

231 0 aqv5cdjfenaltestcondman @ (1:ts_aqv5cdjfenaltestcondman)

- d = dj(2)

- b = true

232 0 aux102 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

233 0 v5cfedj @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

234 0 v5cfedjok @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

235 0 aqv5cdjab @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

236 0 aux96 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

237 0 aqv5cdjfeman @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

238 0 aux97 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

239 0 aqv5cdjfenaltestcondman @ (1:ts_aqv5cdjfenaltestcondman)

- d = dj(3)

- b = true

240 0 aux102 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

241 0 v5cfedj @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

242 0 v5cfedjok @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

243 0 v5cdjfeprox @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

244 0 aqv5bdjab @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

245 0 aux51 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

246 0 aqv5bdjfeman @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

247 0 aux52 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

248 0 aqv5bdjfenaltestcondman @ (1:ts_aqv5bdjfenaltestcondman)

- d = dj(1)

- b = true

249 0 aux57 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

250 0 v5bfedj @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

251 0 v5bfedjok @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

252 0 aqv5bdjab @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

253 0 aux51 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

254 0 aqv5bdjfeman @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

255 0 aux52 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

256 0 aqv5bdjfenaltestcondman @ (1:ts_aqv5bdjfenaltestcondman)

- d = dj(2)

- b = true

257 0 aux57 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

258 0 v5bfedj @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

259 0 v5bfedjok @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

260 0 aqv5bdjab @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

261 0 aux51 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

262 0 aqv5bdjfeman @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

263 0 aux52 @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

264 0 aqv5bdjfenaltestcondman @ (1:ts_aqv5bdjfenaltestcondman)

- d = dj(3)

- b = true

265 0 aux57 @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

266 0 v5bfedj @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(3)

267 0 v5bfedjok @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(3)

268 0 v5bdjfeprox @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

269 0 aqv5ccdcselcmdman @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_automatico)

- b = true

270 0 aux26 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_automatico)

- b = true

271 0 aqv5ccdcselcmdautomman @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_automatico)

- b = true

272 0 aux27 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_automatico)

- b = true

```
273 0 aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondman @  
(1:ts_aqv5ccdcselcmdautomnaltestcondman)  
- b = true
```

```
274 0 aux31 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_automat  
ico)  
- b = true
```

```
275 0 v5ccdccmdautom @ (1:vao5c_cdc_selecao_com  
ando_automat  
ico)
```

```
276 0 v5ccdccmdautomok @ (1:vao5c_cdc_selecao  
_comando_automat  
ico)
```

B.2 Exemplo 2

CPN Tools simulation report for:

E:\LucianoAntonioCalmonLisboa\UFCG\Dissertação\CPNTools\
se_sbt_recomposicao_rpch_ver1.10_simplif.cpn

Report generated: Fri Jul 04 19:55:56 2008

```
1 0 aqseinirecomp @ (1:se_estado)  
- b = true
```

```
2 0 aux1 @ (1:se_estado)  
- b = true
```

```
3 0 inirecomp @ (1:se_estado)
```

```
4 0 inirecompprox @ (1:se_estado)
```

```
5 0 aqscintremmann2 @ (1:se_controle)  
- b = true
```

```
6 0 aux3 @ (1:se_controle)  
- b = true
```

```
7 0 aqscman @ (1:se_controle)
```

- b = true

8 0 aux4 @ (1:se_controle)

- b = true

9 0 aqscnaltestcondman @ (1:se_controle)

- b = true

10 0 aux5 @ (1:se_controle)

- b = true

11 0 n2 @ (1:se_controle)

12 0 n2ok @ (1:se_controle)

13 0 secontprox @ (1:se_controle)

14 0 aqv5a86lresnok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

15 0 aux59 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

16 0 aqv5a86lresman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

17 0 aux60 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

18 0 aqv5a86lresnaltestcondman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)
- i = 0
- b = true

19 0 aux63 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(1)
- i = 0
- b = true

20 0 v5ares86l @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(1)

21 0 v5a86lresok @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(1)

22 0 aqv5a86lresnok @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(2)
- i = 0
- b = true

23 0 aux59 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(2)
- b = true

24 0 aqv5a86lresman @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(2)
- i = 0
- b = true

25 0 aux60 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(2)
- i = 0
- b = true

26 0 aqv5a86lresnaltestcondman @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)
- d = dj(2)
- i = 0

- b = true

27 0 aux63 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

28 0 v5ares86l @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

29 0 v5a86lresok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

30 0 aqv5a86lresnok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

31 0 aux59 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

32 0 aqv5a86lresman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

33 0 aux60 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

34 0 aqv5a86lresnaltestcondman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

35 0 aux63 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

36 0 v5ares86l @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

37 0 v5a86lresok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

38 0 v5a86lresprox @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- p = dj(3)

39 0 aqv5b86lresnok @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

40 0 aux33 @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

41 0 aqv5b86lresman @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

42 0 aux34 @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

43 0 aqv5b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5b86lresnaltestcondman)

- d = dj(1)

- b = true

44 0 aux37 @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

45 0 v5bres86l @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

46 0 v5bres86lok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

47 0 aqv5b86lresnok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

48 0 aux33 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

49 0 aqv5b86lresman @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

50 0 aux34 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

51 0 aqv5b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5b86lresnaltestcondman)

- d = dj(2)

- b = true

52 0 aux37 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

53 0 v5bres86l @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

54 0 v5bres86lok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

55 0 aqv5b86lresnok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

56 0 aux33 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

57 0 aqv5b86lresman @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

58 0 aux34 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

59 0 aqv5b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5b86lresnaltestcondman)

- d = dj(3)

- b = true

60 0 aux37 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

61 0 v5bres86l @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

62 0 v5bres86lok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

63 0 v5b86lresprox @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

64 0 aqv5c86lresnok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

65 0 aux85 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

66 0 aqv5c86lresman @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

67 0 aux86 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

68 0 aqv5c86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5c86lresnaltestcondman)

- d = dj(1)

- b = true

69 0 aux89 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

70 0 v5cres86l @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

71 0 v5c86lresok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

72 0 aqv5c86lresnok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

73 0 aux85 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

74 0 aqv5c86lresman @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

75 0 aux86 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

76 0 aqv5c86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5c86lresnaltestcondman)

- d = dj(2)

- b = true

77 0 aux89 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

78 0 v5cres86l @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

79 0 v5c86lresok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

80 0 aqv5c86lresnok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

81 0 aux85 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

82 0 aqv5c86lresman @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

83 0 aux86 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

84 0 aqv5c86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5c86lresnaltestcondman)

- d = dj(3)

- b = true

85 0 aux89 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

86 0 v5cres86l @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

87 0 v5c86lresok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

88 0 v5c86lresprox @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

89 0 aqv4b86lresnok @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

90 0 aux104 @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

91 0 aqv4b86lresman @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

92 0 aux105 @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

93 0 aqv4b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv4b86lresnaltestcondman)

- b = true

94 0 aux108 @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

95 0 v4bres86l @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

96 0 v4bres86lok @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

97 0 v4b86lresprox @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

98 0 aqv4d86lresnok @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

- b = true

99 0 aux123 @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

- b = true

100 0 aqv4d86lresman @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

- b = true

101 0 aux124 @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

- b = true

102 0 aqv4d86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv4d86lresnaltestcondman)

- b = true

103 0 aux127 @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

- b = true

104 0 v4dres86l @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

105 0 v4dres86lok @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

106 0 v4d86lresprox @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

107 0 aqv5ccdc86cnok @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

108 0 aux6 @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

109 0 aqv5ccdc86cresman @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

110 0 aux7 @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

111 0 aqv5ccdc86cresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5ccdc86cresnaltestcondman)
- b = true

112 0 aux10 @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)
- b = true

113 0 v5cres86c @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

114 0 v5cres86cok @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

115 0 v5c86cresprox @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

116 0 aqv5areachab @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)
- c = ch(1)
- b = false

117 0 aux65 @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)
- c = ch(1)
- b = false

118 0 aqv5areachab @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)
- c = ch(2)
- b = false

119 0 aux65 @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)
- c = ch(2)
- b = false

120 0 v5achfeprox @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)

121 0 aqv5breachab @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)
- c = ch(1)
- b = false

122 0 aux39 @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)
- c = ch(1)
- b = false

123 0 aqv5breachab @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(2)

- b = false

124 0 aux39 @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(2)

- b = false

125 0 v5bchfeprox @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

126 0 aqv5adjfe @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

127 0 aux72 @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

128 0 aqv5adjfe @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

129 0 aux72 @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

130 0 aqv5adjfe @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

131 0 aux72 @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

132 0 v5adjabprox @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

133 0 aqv5bdjfe @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

134 0 aux46 @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

135 0 aqv5bdjfe @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

136 0 aux46 @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

137 0 aqv5bdjfe @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

138 0 aux46 @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

139 0 v5bdjabprox @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

140 0 aqv5cdjfe @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

141 0 aux91 @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

142 0 aqv5cdjfe @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

143 0 aux91 @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

144 0 aqv5cdjfe @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

145 0 aux91 @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

146 0 v5cdjabprox @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

147 0 aqvbt230djfe @ (1:vaobt_230_disjuntor_abertura)

- b = false

148 0 aux142 @ (1:vaobt_230_disjuntor_abertura)

- b = false

149 0 vbt230djabprox @ (1:vaobt_230_disjuntor_abertura)

150 0 aqv4bdjfe @ (1:vao4b_disjuntor_abertura)

- b = false

151 0 aux110 @ (1:vao4b_disjuntor_abertura)

- b = false

152 0 v4bdjabprox @ (1:vao4b_disjuntor_abertura)

153 0 aqv4ddjfe @ (1:vao4d_disjuntor_abertura)

- b = false

154 0 aux129 @ (1:vao4d_disjuntor_abertura)

- b = false

155 0 v4ddjabprox @ (1:vao4d_disjuntor_abertura)

156 0 aqv5ccdcselecmdautom @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

157 0 aux12 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

158 0 aqv5ccdcselecmdmanman @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

159 0 aux13 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

160 0 aqv5ccdcselecmdmannaltestcondman @ (1:ts_aqv5ccdcselecmdmannaltestcondman)

- b = true

161 0 aux16 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

162 0 v5ccdcselecmdman @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

163 0 v5ccdcselecmdmanok @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

164 0 v5ccdcselecmdmanprox @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

165 0 aqv5ccdcctap @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 17

166 0 aux18 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 17

167 0 aqv5ccdcselecmdman @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- b = true

168 0 aux19 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- b = true

169 0 aqv5ccdccmddimnaltestcondman @ (1:ts_aqv5ccdccmddimnaltestcondman)

- b = true

170 0 aux24 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- b = true

171 0 v5ccdcddim @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

172 0 v5ccdcddimok @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

173 0 aqv5ccdcctap @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 16

174 0 aux18 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 16

175 0 v5ccdccmddimprox @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

176 0 aqv5adjab @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

177 0 aux77 @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

178 0 aqv5adjfeman @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = false

179 0 aux78 @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = false

180 0 aqv5adjab @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- i = 1

- b = true

181 0 aux77 @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

182 0 aqv5adjfeman @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- i = 1

- b = false

183 0 aux78 @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- i = 1

- b = false

184 0 v5abloqautom @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- p = dj(2)

185 0 v5adjferecompaltern @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

186 0 aqv5bdjab @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

187 0 aux51 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

188 0 aqv5bdjfeman @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

189 0 aux52 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

190 0 aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalturn2 @ (1:ts_aqv5bdjfenaltestcondman)

- d = dj(1)

- b = true

191 0 aux57 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

192 0 v5bfedj @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

193 0 v5bfedjok @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

194 0 aqv5bdjab @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

195 0 aux51 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

196 0 aqv5bdjfeman @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

197 0 aux52 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

198 0 aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalturn2 @ (1:ts_aqv5bdjfenaltestcondman)

- d = dj(2)

- b = true

199 0 aux57 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

200 0 v5bfedj @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

201 0 v5bfedjok @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

202 0 aqv5bdjab @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

203 0 aux51 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

204 0 aqv5bdjfeman @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

205 0 aux52 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

206 0 aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern2 @ (1:ts_aqv5bdjfenaltestcondman)

- d = dj(3)

- b = true

207 0 aux57 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

208 0 v5bfedj @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

209 0 v5bfedjok @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(3)

210 0 v5bdjfercompalturn @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

211 0 aqv4bdjab @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

- b = true

212 0 aux115 @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

- b = true

213 0 aqv4bdjfeman @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

- b = true

214 0 aux116 @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

- b = true

215 0 aqv4bdjfenaltestcondmanrecompalturn1 @ (1:ts_aqv4bdjfenaltestcondman)

- b = true

216 0 aux121 @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

- b = true

217 0 v4bfedj @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

218 0 v4bfedjok @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

219 0 v4bdjfeprox @ (1:vao4b_disjuntor_fechamento)

220 0 aqv4ddjab @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

- b = true

221 0 aux134 @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

- b = true

222 0 aqv4ddjfeman @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)
- b = true

223 0 aux135 @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)
- b = true

224 0 aqv4ddjfenaltestcondmanrecompaltern2 @ (1:ts_aqv4ddjfenaltestcondman)
- b = true

225 0 aux140 @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)
- b = true

226 0 v4dfedj @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

227 0 v4dfedjok @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

228 0 v4ddjfeprox @ (1:vao4d_disjuntor_fechamento)

229 0 aqv5cdjjab @ (1:vao5c_disjuntores_fechamento)
- d = dj(1)
- b = true

230 0 aux96 @ (1:vao5c_disjuntores_fechamento)
- d = dj(1)
- b = true

231 0 aqv5cdjfeman @ (1:vao5c_disjuntores_fechamento)
- d = dj(1)
- b = true

232 0 aux97 @ (1:vao5c_disjuntores_fechamento)
- d = dj(1)
- b = true

233 0 aqv5cdjfenaltestcondmanrecompaltern2 @ (1:ts_aqv5cdjfenaltestcondman)
- d = dj(1)
- b = true

234 0 aux102 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

235 0 v5cfedj @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

236 0 v5cfedjok @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)

237 0 aqv5cdjab @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

238 0 aux96 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

239 0 aqv5cdjfeman @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

240 0 aux97 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

241 0 aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalturn2 @ (1:ts_aqv5cdjfenaltestcondman)

- d = dj(2)

- b = true

242 0 aux102 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

- b = true

243 0 v5cfedj @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

244 0 v5cfedjok @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)

245 0 aqv5cdjab @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

246 0 aux96 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

247 0 aqv5cdjfeman @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

248 0 aux97 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

249 0 aqv5cdjfenaltestcondmanrecompalturn2 @ (1:ts_aqv5cdjfenaltestcondman)

- d = dj(3)

- b = true

250 0 aux102 @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

251 0 v5cfedj @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

252 0 v5cfedjok @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

253 0 v5cdjfercompalturn @ (1:vao5c_disjuntos_fechamento)

254 0 aqv5ccdscselcmdman @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_automatico)

- b = true

255 0 aux26 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_automatico)

- b = true

256 0 aqv5ccdcselecmdautomman @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_automatico)

- b = true

257 0 aux27 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_automatico)

- b = true

258 0 aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondmanrecompaltern2 @

(1:ts_aqv5ccdcselecmdautomnaltestcondman)

- b = true

259 0 aux31 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_automatico)

- b = true

260 0 v5ccdccmdautom @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_automatico)

261 0 v5ccdccmdautomok @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_automatico)

B.3 Contra-Exemplo 1

CPN Tools simulation report for:

E:\LucianoAntonioCalmonLisboa\UFCG\Dissertação\CPNTools\
se_sbt_recomposicao_rpch_ver1.10_simplif.cpn

Report generated: Fri Jul 04 20:23:46 2008

1 0 aqseinirecomp @ (1:se_estado)

- b = true

2 0 aux1 @ (1:se_estado)

- b = true

3 0 inirecomp @ (1:se_estado)

4 0 inirecomprox @ (1:se_estado)

5 0 aqscintremmann2 @ (1:se_controle)

- b = true

6 0 aux3 @ (1:se_controle)

- b = true

7 0 aqscman @ (1:se_controle)

- b = true

8 0 aux4 @ (1:se_controle)

- b = true

9 0 aqscnaltestcondman @ (1:se_controle)

- b = true

10 0 aux5 @ (1:se_controle)

- b = true

11 0 n2 @ (1:se_controle)

12 0 n2ok @ (1:se_controle)

13 0 secontprox @ (1:se_controle)

14 0 aqv5a86lresnok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

15 0 aux59 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

16 0 aqv5a86lresman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

17 0 aux60 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

18 0 aqv5a86lresnaltestcondman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

19 0 aux63 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

20 0 v5ares86l @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

21 0 v5a86lresok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

22 0 aqv5a86lresnok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

23 0 aux59 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

24 0 aqv5a86lresman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0
- b = true

25 0 aux60 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)
- i = 0
- b = true

26 0 aqv5a86lresnaltestcondman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)
- i = 0
- b = true

27 0 aux63 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)
- i = 0
- b = true

28 0 v5ares86l @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

29 0 v5a86lresok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

30 0 aqv5a86lresnok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)
- i = 0
- b = true

31 0 aux59 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

32 0 aqv5a86lresman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)
- i = 0
- b = true

33 0 aux60 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

34 0 aqv5a86lresnaltestcondman @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

35 0 aux63 @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

36 0 v5ares86l @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

37 0 v5a86lresok @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

38 0 v5a86lresprox @ (1:vao5a_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- p = dj(3)

39 0 aqv5b86lresnok @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

40 0 aux33 @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

41 0 aqv5b86lresman @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

42 0 aux34 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

43 0 aqv5b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5b86lresnaltestcondman)

- d = dj(1)

- b = true

44 0 aux37 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

45 0 v5bres86l @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

46 0 v5bres86lok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

47 0 aqv5b86lresnok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

48 0 aux33 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

49 0 aqv5b86lresman @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

50 0 aux34 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

51 0 aqv5b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5b86lresnaltestcondman)

- d = dj(2)

- b = true

52 0 aux37 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

53 0 v5bres86l @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

54 0 v5bres86lok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

55 0 aqv5b86lresnok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

56 0 aux33 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

57 0 aqv5b86lresman @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

58 0 aux34 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

59 0 aqv5b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5b86lresnaltestcondman)

- d = dj(3)

- b = true

60 0 aux37 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

61 0 v5bres86l @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

62 0 v5bres86lok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

63 0 v5b86lresprox @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

64 0 aqv5c86lresnok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

65 0 aux85 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

66 0 aqv5c86lresman @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

67 0 aux86 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

68 0 aqv5c86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5c86lresnaltestcondman)

- d = dj(1)

- b = true

69 0 aux89 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

70 0 v5cres86l @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

71 0 v5c86lresok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

72 0 aqv5c86lresnok @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

73 0 aux85 @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

74 0 aqv5c86lresman @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

75 0 aux86 @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

76 0 aqv5c86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5c86lresnaltestcondman)

- d = dj(2)

- b = true

77 0 aux89 @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

78 0 v5cres86l @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

79 0 v5c86lresok @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

80 0 aqv5c86lresnok @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

81 0 aux85 @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

82 0 aqv5c86lresman @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

83 0 aux86 @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

84 0 aqv5c86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5c86lresnaltestcondman)

- d = dj(3)

- b = true

85 0 aux89 @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

86 0 v5cres86l @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

87 0 v5c86lresok @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)

88 0 v5c86lresprox @ (1:vao5c_disjuntores_86l_reset)

89 0 aqv4b86lresnok @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

90 0 aux104 @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

91 0 aqv4b86lresman @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

92 0 aux105 @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

93 0 aqv4b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv4b86lresnaltestcondman)
- b = true

94 0 aux108 @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)
- b = true

95 0 v4bres86l @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

96 0 v4bres86lok @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

97 0 v4b86lresprox @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

98 0 aqv4d86lresnok @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)
- b = true

99 0 aux123 @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)
- b = true

100 0 aqv4d86lresman @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)
- b = true

101 0 aux124 @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)
- b = true

102 0 aqv4d86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv4d86lresnaltestcondman)
- b = true

103 0 aux127 @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)
- b = true

104 0 v4dres86l @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

105 0 v4dres86lok @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

106 0 v4d86lresprox @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

107 0 aqv5ccdc86cnok @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

108 0 aux6 @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

109 0 aqv5ccdc86cresman @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

110 0 aux7 @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

111 0 aqv5ccdc86cresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5ccdc86cresnaltestcondman)

- b = true

112 0 aux10 @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

113 0 v5cres86c @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

114 0 v5cres86cok @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

115 0 v5c86cresprox @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

116 0 aqv5areachab @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(1)

- b = false

117 0 aux65 @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(1)

- b = false

118 0 aqv5areachab @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(2)

- b = false

119 0 aux65 @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(2)

- b = false

120 0 v5achfeprox @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)

121 0 aqv5breachab @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(1)

- b = false

122 0 aux39 @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(1)

- b = false

123 0 aqv5breachab @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(2)

- b = false

124 0 aux39 @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(2)

- b = false

125 0 v5bchfeprox @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

126 0 aqv5adjfe @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

127 0 aux72 @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

128 0 aqv5adjfe @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

129 0 aux72 @ (1:vao5a_disjuntores_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

130 0 aqv5adjfe @ (1:vao5a_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

131 0 aux72 @ (1:vao5a_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

132 0 v5adjabprox @ (1:vao5a_disjuntos_abertura)

133 0 aqv5bdjfe @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

134 0 aux46 @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

135 0 aqv5bdjfe @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

136 0 aux46 @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

137 0 aqv5bdjfe @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

138 0 aux46 @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

139 0 v5bdjabprox @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

140 0 aqv5cdjfe @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)
- d = dj(1)
- b = false

141 0 aux91 @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)
- d = dj(1)
- b = false

142 0 aqv5cdjfe @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)
- d = dj(2)
- b = false

143 0 aux91 @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)
- d = dj(2)
- b = false

144 0 aqv5cdjfe @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)
- d = dj(3)
- b = false

145 0 aux91 @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)
- d = dj(3)
- b = false

146 0 v5cdjabprox @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

147 0 aqvbt230djfe @ (1:vaobt_230_disjuntor_abertura)
- b = false

148 0 aux142 @ (1:vaobt_230_disjuntor_abertura)
- b = false

149 0 vbt230djabprox @ (1:vaobt_230_disjuntor_abertura)

150 0 aqv4bdjfe @ (1:vao4b_disjuntor_abertura)
- b = false

151 0 aux110 @ (1:vao4b_disjuntor_abertura)

- b = false

152 0 v4bdjabprox @ (1:vao4b_disjuntor_abertura)

153 0 aqv4ddjfe @ (1:vao4d_disjuntor_abertura)

- b = false

154 0 aux129 @ (1:vao4d_disjuntor_abertura)

- b = false

155 0 v4ddjabprox @ (1:vao4d_disjuntor_abertura)

156 0 aqv5ccdcselecmdautom @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

157 0 aux12 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

158 0 aqv5ccdcselecmdmanman @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

159 0 aux13 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

160 0 aqv5ccdcselecmdmannaltestcondman @

(1:ts_aqv5ccdcselecmdmannaltestcondman)

- b = true

161 0 aux16 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

162 0 v5ccdccmdman @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

163 0 v5ccdccmdmanok @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

164 0 v5ccdcselecmdmanprox @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

165 0 aqv5ccdctap @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 17

166 0 aux18 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 17

167 0 aqv5ccdcemddimman @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- b = true

168 0 aux19 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- b = true

169 0 aqv5ccdcemddimnaltestcondman @ (1:ts_aqv5ccdcemddimnaltestcondman)

- b = true

170 0 aux24 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- b = true

171 0 v5ccdcdim @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

172 0 v5ccdcdimok @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

173 0 aqv5ccdctap @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 16

174 0 aux18 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 16

175 0 v5ccdcemddimprox @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

176 0 aqv5adjab @ (1:vao5a_disjuntiores_fechamento)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

177 0 aux77 @ (1:vao5a_disjuntiores_fechamento)

- d = dj(1)
- b = true

178 0 aqv5adjfeman @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)
- i = 0
- b = false

179 0 aux78 @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)
- i = 0
- b = false

180 0 aqv5adjab @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)
- i = 1
- b = true

181 0 aux77 @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)
- b = true

182 0 aqv5adjfeman @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)
- i = 1
- b = false

183 0 aux78 @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(2)
- i = 1
- b = false

184 0 v5abloqautom @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

- d = dj(1)
- p = dj(2)

185 0 v5adjferecompaltern @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

186 0 aqv5bdjab @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

187 0 aux51 @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

188 0 aqv5bdjfeman @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

189 0 aux52 @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

190 0 aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalturn2 @ (1:ts_aqv5bdjfenaltestcondman)

- d = dj(1)

- b = true

191 0 aux57 @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

- b = true

192 0 v5bfedj @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

193 0 v5bfedjfal @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)

B.4 Contra-Exemplo 2

CPN Tools simulation report for:

E:\LucianoAntonioCalmonLisboa\UFCG\Dissertação\CPNTools\

se_sbt_recomposicao_rpch_ver1.10_simplif.cpn

Report generated: Fri Jul 04 20:44:57 2008

1 0 aqseinicrecomp @ (1:se_estado)

- b = true

2 0 aux1 @ (1:se_estado)

- b = true

3 0 inirecomp @ (1:se_estado)

4 0 inirecomprox @ (1:se_estado)

5 0 aqscintremmann2 @ (1:se_controle)

- b = true

6 0 aux3 @ (1:se_controle)

- b = true

7 0 aqscman @ (1:se_controle)

- b = true

8 0 aux4 @ (1:se_controle)

- b = true

9 0 aqscnaltestcondman @ (1:se_controle)

- b = true

10 0 aux5 @ (1:se_controle)

- b = true

11 0 n2 @ (1:se_controle)

12 0 n2ok @ (1:se_controle)

13 0 secontprox @ (1:se_controle)

14 0 aqv5a86lresnok @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

15 0 aux59 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

16 0 aqv5a86lresman @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

17 0 aux60 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

18 0 aqv5a86lresnaltestcondman @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

19 0 aux63 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- i = 0

- b = true

20 0 v5ares86l @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

21 0 v5a86lresok @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

22 0 aqv5a86lresnok @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

23 0 aux59 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

24 0 aqv5a86lresman @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

25 0 aux60 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

26 0 aqv5a86lresnaltestcondman @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

27 0 aux63 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- i = 0

- b = true

28 0 v5ares86l @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

29 0 v5a86lresok @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

30 0 aqv5a86lresnok @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

31 0 aux59 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

32 0 aqv5a86lresman @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

33 0 aux60 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

34 0 aqv5a86lresnaltestcondman @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

35 0 aux63 @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- i = 0

- b = true

36 0 v5ares86l @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

37 0 v5a86lresok @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

38 0 v5a86lresprox @ (1:vao5a_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- p = dj(3)

39 0 aqv5b86lresnok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

40 0 aux33 @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

41 0 aqv5b86lresman @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

42 0 aux34 @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

43 0 aqv5b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5b86lresnaltestcondman)

- d = dj(1)

- b = true

44 0 aux37 @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

45 0 v5bres86l @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

46 0 v5bres86lok @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(1)

47 0 aqv5b86lresnok @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

48 0 aux33 @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

49 0 aqv5b86lresman @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)
- b = true

50 0 aux34 @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)
- b = true

51 0 aqv5b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5b86lresnaltestcondman)

- d = dj(2)
- b = true

52 0 aux37 @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)
- b = true

53 0 v5bres86l @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

54 0 v5bres86lok @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(2)

55 0 aqv5b86lresnok @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

56 0 aux33 @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

57 0 aqv5b86lresman @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

58 0 aux34 @ (1:vao5b_disjuntores_86l_reset)

- d = dj(3)
- b = true

59 0 aqv5b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5b86lresnaltestcondman)

- d = dj(3)

- b = true

60 0 aux37 @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

61 0 v5bres86l @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

62 0 v5bres86lok @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

63 0 v5b86lresprox @ (1:vao5b_disjuntos_86l_reset)

64 0 aqv5c86lresnok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

65 0 aux85 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

66 0 aqv5c86lresman @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

67 0 aux86 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

68 0 aqv5c86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5c86lresnaltestcondman)

- d = dj(1)

- b = true

69 0 aux89 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

- b = true

70 0 v5cres86l @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

71 0 v5c86lresok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(1)

72 0 aqv5c86lresnok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

73 0 aux85 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

74 0 aqv5c86lresman @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

75 0 aux86 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

76 0 aqv5c86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5c86lresnaltestcondman)

- d = dj(2)

- b = true

77 0 aux89 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

- b = true

78 0 v5cres86l @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

79 0 v5c86lresok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(2)

80 0 aqv5c86lresnok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

81 0 aux85 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

82 0 aqv5c86lresman @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

83 0 aux86 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

84 0 aqv5c86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5c86lresnaltestcondman)

- d = dj(3)

- b = true

85 0 aux89 @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

- b = true

86 0 v5cres86l @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

87 0 v5c86lresok @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

- d = dj(3)

88 0 v5c86lresprox @ (1:vao5c_disjuntos_86l_reset)

89 0 aqv4b86lresnok @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

- b = true

90 0 aux104 @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)
- b = true

91 0 aqv4b86lresman @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)
- b = true

92 0 aux105 @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)
- b = true

93 0 aqv4b86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv4b86lresnaltestcondman)
- b = true

94 0 aux108 @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)
- b = true

95 0 v4bres86l @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

96 0 v4bres86lok @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

97 0 v4b86lresprox @ (1:vao4b_disjuntor_86l_reset)

98 0 aqv4d86lresnok @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)
- b = true

99 0 aux123 @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)
- b = true

100 0 aqv4d86lresman @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)
- b = true

101 0 aux124 @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)
- b = true

102 0 aqv4d86lresnaltestcondman @ (1:ts_aqv4d86lresnaltestcondman)
- b = true

103 0 aux127 @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

- b = true

104 0 v4dres86l @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

105 0 v4dres86lok @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

106 0 v4d86lresprox @ (1:vao4d_disjuntor_86l_reset)

107 0 aqv5ccdc86cnok @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

108 0 aux6 @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

109 0 aqv5ccdc86cresman @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

110 0 aux7 @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

111 0 aqv5ccdc86cresnaltestcondman @ (1:ts_aqv5ccdc86cresnaltestcondman)

- b = true

112 0 aux10 @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

- b = true

113 0 v5cres86c @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

114 0 v5cres86cok @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

115 0 v5c86cresprox @ (1:vao5c_cdc_86c_reset)

116 0 aqv5areachab @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(1)

- b = false

117 0 aux65 @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(1)
- b = false

118 0 aqv5areachab @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(2)
- b = false

119 0 aux65 @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(2)
- b = false

120 0 v5achfeprox @ (1:vao5a_reatores_chaves_fechamento)

121 0 aqv5breachab @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(1)
- b = false

122 0 aux39 @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(1)
- b = false

123 0 aqv5breachab @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(2)
- b = false

124 0 aux39 @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

- c = ch(2)
- b = false

125 0 v5bchfeprox @ (1:vao5b_reatores_chaves_fechamento)

126 0 aqv5adjfe @ (1:vao5a_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)
- b = false

127 0 aux72 @ (1:vao5a_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

128 0 aqv5adjfe @ (1:vao5a_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

129 0 aux72 @ (1:vao5a_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

130 0 aqv5adjfe @ (1:vao5a_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

131 0 aux72 @ (1:vao5a_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

132 0 v5adjabprox @ (1:vao5a_disjuntos_abertura)

133 0 aqv5bdjfe @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

134 0 aux46 @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

135 0 aqv5bdjfe @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

136 0 aux46 @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

137 0 aqv5bdjfe @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

138 0 aux46 @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

139 0 v5bdjabprox @ (1:vao5b_disjuntos_abertura)

140 0 aqv5cdjfe @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

141 0 aux91 @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(1)

- b = false

142 0 aqv5cdjfe @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

143 0 aux91 @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(2)

- b = false

144 0 aqv5cdjfe @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

145 0 aux91 @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

- d = dj(3)

- b = false

146 0 v5cdjabprox @ (1:vao5c_disjuntos_abertura)

147 0 aqvbt230djfe @ (1:vaobt_230_disjuntor_abertura)

- b = false

148 0 aux142 @ (1:vaobt_230_disjuntor_abertura)

- b = false

149 0 vbt230djabprox @ (1:vaobt_230_disjuntor_abertura)

150 0 aqv4bdjfe @ (1:vao4b_disjuntor_abertura)

- b = false

151 0 aux110 @ (1:vao4b_disjuntor_abertura)

- b = false

152 0 v4bdjabprox @ (1:vao4b_disjuntor_abertura)

153 0 aqv4ddjfe @ (1:vao4d_disjuntor_abertura)

- b = false

154 0 aux129 @ (1:vao4d_disjuntor_abertura)

- b = false

155 0 v4ddjabprox @ (1:vao4d_disjuntor_abertura)

156 0 aqv5ccdcselecmdautom @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

157 0 aux12 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

158 0 aqv5ccdcselecmdmanman @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

159 0 aux13 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

160 0 aqv5ccdcselecmdmannaltestcondman @

(1:ts_aqv5ccdcselecmdmannaltestcondman)

- b = true

161 0 aux16 @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

- b = true

162 0 v5ccdccmdman @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

163 0 v5ccdccmdmanok @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

164 0 v5ccdcselcmdmanprox @ (1:vao5c_cdc_selecao_comando_manual)

165 0 aqv5ccdctap @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 17

166 0 aux18 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 17

167 0 aqv5ccdccmddimman @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- b = true

168 0 aux19 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- b = true

169 0 aqv5ccdccmddimnaltestcondman @ (1:ts_aqv5ccdccmddimnaltestcondman)

- b = true

170 0 aux24 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- b = true

171 0 v5ccdcdim @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

172 0 v5ccdcdimok @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

173 0 aqv5ccdctap @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 16

174 0 aux18 @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

- t = 16

175 0 v5ccdccmddimprox @ (1:vao5c_cdc_comando_diminuir)

176 0 aqv5adjab @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)
- i = 0
- b = true

177 0 aux77 @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)
- b = true

178 0 aqv5adjfeman @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)
- i = 0
- b = false

179 0 aux78 @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(1)
- i = 0
- b = false

180 0 aqv5adjab @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(2)
- i = 1
- b = true

181 0 aux77 @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(2)
- b = true

182 0 aqv5adjfeman @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(2)
- i = 1
- b = false

183 0 aux78 @ (1:vao5a_disjuntores_fechamento)

- d = dj(2)
- i = 1
- b = false

184 0 v5abloqautom @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)
- d = dj(1)
- p = dj(2)

185 0 v5adjferecompaltern @ (1:vao5a_disjuntos_fechamento)

186 0 aqv5bdjab @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)
- d = dj(1)
- b = true

187 0 aux51 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)
- d = dj(1)
- b = true

188 0 aqv5bdjfeman @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)
- d = dj(1)
- b = true

189 0 aux52 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)
- d = dj(1)
- b = true

190 0 aqv5bdjfenaltestcondmanrecompaltern2 @ (1:ts_aqv5bdjfenaltestcondman)
- d = dj(1)
- b = true

191 0 aux57 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)
- d = dj(1)
- b = true

192 0 v5bfedj @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)
- d = dj(1)

193 0 v5bfedjok @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)
- d = dj(1)

194 0 aqv5bdjab @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)
- d = dj(2)
- b = true

195 0 aux51 @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)
- d = dj(2)
- b = true

196 0 aqv5bdjfeman @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)
- d = dj(2)
- b = true

197 0 aux52 @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)
- d = dj(2)
- b = true

198 0 aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalturn2 @ (1:ts_aqv5bdjfenaltestcondman)
- d = dj(2)
- b = true

199 0 aux57 @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)
- d = dj(2)
- b = true

200 0 v5bfedj @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)
- d = dj(2)

201 0 v5bfedjok @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)
- d = dj(2)

202 0 aqv5bdjab @ (1:vao5b_disjuntores_fechamento)
- d = dj(3)
- b = true

203 0 aux51 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

204 0 aqv5bdjfeinan @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

205 0 aux52 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

206 0 aqv5bdjfenaltestcondmanrecompalturn2 @ (1:ts_aqv5bdjfenaltestcondman)

- d = dj(3)

- b = true

207 0 aux57 @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

- b = true

208 0 v5bfedj @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

209 0 v5bfedjfal @ (1:vao5b_disjuntos_fechamento)

- d = dj(3)

Referências Bibliográficas

APOSTOLOV, A.; MONNIER, S.; TAYLOR, R. Multifuncional interface for microprocessor relays. July, 1997. In: IEEE Computer Applications in Power, pp. 27-31.

BRETAS, A. S.; PHADKE, A. G. Artificial neural networks in power system restoration. October, 2003. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 18, N°4, pp. 1811-1186.

CASSANDRAS, C. G.; LAFORTUNE, S. *Introduction to Discrete Event Systems*. Norwell, USA: ISBN 0-7923-8609-4, 1999.

CHEN, C.-S.; LIN, C.-H.; TSAI, H.-Y. A rule based expert system with colored petri net models for distribution system service restoration. November, 2002. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 17, N°4, pp. 1073-1080.

CHENG, A.; CHRISTENSEN, S.; MORTENSEN, K. H. Model checking coloured petri nets exploiting strongly connected components. Technical Report, Department of Computer Science, University of Aarhus, Denmark. 1996.

CHENG, A.; CHRISTENSEN, S.; MORTENSEN, K. H. Model checking coloured petri nets exploiting strongly connected components. August, 1996. In: Proc. of the International Workshop on Discrete Event Systems, Institution of Electrical Engineers, University of Edinburgh, UK, pp. 169-177.

CHENG, Y. Z.; FANG, X. Y. Application of pn algorithm to power system restoration. May, 2003. Electric Power Automation Equipment, Vol. 23, N°5, pp. 12-15.

CHESF, D. de Metodização e Suporte da Operação da. Reenergização da se sobral iii. Instrução de Operação. 2007.

CHRISTENSEN, S.; MORTENSEN, K. *Design/CPN ASK-CTL Manual Version 0.9*. Department of Computer Science, University of Aarhus, Denmark, 1996.

COLABORADORES, V. *Enciclopédia de Automática: Controle e Automação - Vol. 1*. Editor: Luis Antonio Aguirre. Editores Associados: Augusto Humberto Bruciapaglia,

Paulo Eigi Miyagi e Ricardo Hiroshi Caldeira Takahashi. 1ª edição. ed. São Paulo, Brasil: Editora Blucher, 2007.

FOUNTAS, N. A.; HATZIARGYRIOU, N. D.; VALAVANIS, K. P. Hierarchical time-extended petri nets as a generic tool for power system restoration. May, 1997. IEEE Transactions on Power Systems, Vol.12, N°2, pp. 837-843.

HSU, Y. Y. et al. Distribution system service restoration using a heuristic search approach. April, 1992. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.7, N°2, pp. 734-740.

HSU, Y. Y.; KUO, H. C. A heuristic based fuzzy reasoning approach for distribution system service restoration. April, 1994. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.9, N°2, pp. 948-953.

HUANG, C. M. et al. A petri nets model for fast substation service restoration. March, 1998. In: International Conference on Energy Management and Power Delivery, Vol.2, pp. 473-478.

JARDINI, J. A. Sistemas digitais para automação da geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. In: UNIVERSITÁRIA, E. (Ed.). *Revista Eletricidade Moderna*. 2ª edição. ed. São Paulo: Editora FCA, 1996.

JENKINS, L.; KHINCHA, H. P. Deterministic and stochastic petri net models of protection schemes. January, 1992. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.7, N°1, pp. 84-90.

JENSEN, K. *Coloured Petri Nets: Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use - Vol.1*. 2nd edition. ed. New York, USA: ISBN 3-540-60943-1, 1997.

JENSEN, K. *Coloured Petri Nets: Basic concepts, Analysis Methods and Practical Use - Vol.2*. 2nd edition. ed. New York, USA: ISBN 3-540-58276-2, 1997.

JENSEN, K.; CHRISTENSEN, S.; KRISTENSEN, L. *CPN Tools State Space Manual*. Department of Computer Science, University of Aarhus, Denmark, January, 2006.

KIRSCHEN, D. S.; VOLKMANN, T. L. Guiding a power system restoration with an expert system. January, 1996. In: IEEE/PES Winter Meeting, Paper 96 WM 008-3 PWRD.

KOJIMA, Y. et al. The development of power system restoration method for a bulk power system by applying knowledge engineering techniques. August, 1989. IEEE Transactions on Power Systems, Vol.4, N°3, pp. 1228-1235.

KOJIMA, Y. et al. Development of a guidance for power system restoration. August, 1989. IEEE Transactions on Power Systems, Vol.4, N°3, pp. 1219-1227.

KUO, H. C.; HSU, Y. Y. Distribution system load estimation and service restoration using a fuzzy set approach. October, 1993. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.8, N°4, pp. 1950-1957.

LEE, H. J.; PARK, Y. M. A restoration aid expert system for distribution substations. May, 1993. IEEE Transactions on Power Systems, Vol.8, N°2, pp. 508-514.

LIN, Z. et al. A survey on the applications of petri net theory in power systems. June, 2006. In: IEEE Power Engineering Society General Meeting, pp. 1-7.

LIU, C. C.; LEE, S. J.; VENKATA, S. S. An expert system operational aid for restoration and loss reduction of distribution system. May, 1988. IEEE Transactions on Power Delivery, Vol.3, pp. 619-626.

LIU, C.-C. et al. Generation capability dispatch for bulk power system restoration: A knowledge-based approach. February, 1993. IEEE Transactions on Power Systems, Vol.8, N°1, pp. 316-325.

LIU, D. et al. The application of association rule mining in power system restoration. December, 2005. In: The 7th International Power Engineering Conference, Vol.2, pp. 1041-1045.

LIU, D. et al. A multi-agent based approach for modeling and simulation of bulk power system restoration. August, 2005. IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia and Pacific, pp. 1-6.

LIU, D. et al. Backtracking based algorithm in hierarchical time-extended petri net model for power system restoration. December, 2005. In: The 7th International Power Engineering Conference, Vol.2, pp. 1035-1040.

MA, Q. et al. Method of power system restoration based on object-oriented petri net technique. February, 2005. International Conference on Power System Technology, Vol. 29, N°3, pp. 23-28.

NAGATA, T. et al. A new power system restoration framework by means of multi-agent approach. October, 2002. IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002: Asia Pacific, Vol. 3, pp. 1695-1700.

- NAGATA, T.; TAHARA, Y.; FUJITA, H. An agent approach to bulk power system restoration. June, 2005. IEEE Power Engineering Society General Meeting, Vol. 1, pp. 599-604.
- NAGATA, T. et al. Multi-agent approach to bulk power system restoration. September, 2004. The 39th International Universities Power Engineering Conference, Vol. 1, pp. 758-762.
- NAGATA, T. et al. Development of bulk power system restoration simulator by means of multi-agent approach. July, 2004. The 47h IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems, Vol. 2, pp. II-337 - II-340.
- NAGATA, T.; TAO, Y.; FUJITA, H. An autonomous agent for power system restoration. June, 2004. IEEE Power Engineering Society General Meeting, Vol. 1, pp. 1069-1074.
- NAGATA, T. et al. A multi-agent approach to distribution system restoration. July, 2004. The 47h IEEE International Midwest Symposium on Circuits and Systems, Vol. 2, pp. II-333 - II-336.
- NAGATA, T. et al. A multi-agent approach to distribution system restoration. July, 2003. IEEE Power Engineering Society General Meeting, Vol. 2, pp. 655-660.
- NAGATA, T. et al. A multi-agent approach to power system restoration. December, 2000. International Conference on Power System Technology, Vol. 3, pp. 1551-1556.
- NAGATA, T. et al. A multi-agent approach to power system restoration. May, 2002. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 17, N°2, pp. 457-462.
- NEYER, A. F.; WU, F. F.; IMHOF, K. Object oriented programming for flexible software: Example and load flow. August, 1990. IEEE Transactions on Power Systems, Vol.5, N°3, pp. 689-696.
- PESCHMAN, M. S. Substation automation in the real world. Aut/Win, 1998. In: Global Power Infrastructure Magazine, pp. 64-67.
- SAKAGUCHI, T.; MATSUMOTO, K. Development of a knowledge based system for power system restoration. February, 1983. IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol.102, N°2, pp. 320-329.
- SCHALZ, N. N.; WOLLENBERG, B. B. Incorporation of an advanced evaluation criterion in an expert system for the creation and evaluation of planned switching sequences. August, 1996. In: IEEE/PES Summer Meeting, Paper 96 SM 490-3 PWRs.

STANDARD ML of New Jersey. www.smlnj.org.

SUN, Y. M.; SONG, Y. B. Study of the transformer service restoration based on the combination of petri net and ga in distribution substation. August, 2004. *Relay*, Vol. 32, N°15, pp. 14-18.

TALUKDAR, S.; RAMESH, V. V. Multiagent organizations for real time operations. May, 1992. In: *Proceedings of the IEEE*, Vol. 80, N°5, pp. 765-778.

ULLMAN, J. D. *Elements of ML Programming, ML 97 Edition*. 2nd edition. ed. Prentice Hall: ISBN 0-13-790387-1, 1998.

WALKER, J. M.; ZADEH, K. N.; MEYER, R. C. Hydro automation takes coordinated control. October, 1997. In: *IEEE Computer Applications in Power*, pp. 26-29.

WANG, F.; TANG, J. Modeling of a transmission line protection relaying scheme using petri nets. January, 1996. In: *IEEE/PES Winter Meeting*, Paper 96 WM 022-4 PWRD.

WU, J.-S. A petri net algorithm for multiple contingencies of distribution system operation. August, 1998. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol.13, N°3, pp. 1164-1171.

WU, J.-S. et al. A petri net algorithm for scheduling of generic restoration actions. February, 1997. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol.12, N°1, pp. 69-76.

YANG, C. L.; YOKOYAMA, e. a. A. Fault section estimation of power system using color time petri nets. January, 1993. In: *Proc. Expert Systems Application to Power Systems*, pp. 321-326.

ZHOU, Q.; SHIRMOHAMMADI, D.; LIU, W. H. E. Distribution feeder reconfiguration for service restoration and load balancing. May, 1997. *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol.12, N°2, pp. 724-735.