

Universidade Federal de Campina Grande
Centro de Engenharia Elétrica e Informática
Coordenação de Pós-Graduação em Ciência da Computação

Geração de Manobras Finais de Recomposição de
Subestações do Sistema Elétrico

Renato Almeida de Freitas

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em
Ciência da Computação da Universidade Federal de Campina Grande -
Campus I como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau
de Mestre em Ciência da Computação.

Área de Concentração: Ciência da Computação

Linha de Pesquisa: Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos

Jacques Sauvé, PhD

(Orientador)

Campina Grande, Paraíba, Brasil

©Renato Almeida de Freitas, 25/02/2015

Resumo

No contexto da Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco (CHESF), a recomposição do sistema elétrico está sujeita a falhas causadas por erros na interpretação, durante a execução em tempo real, das IOs (Instruções de Operação). Uma IO é um documento normativo que descreve o plano de recomposição de uma subestação; IOs são documentos complexos, caracterizados pelo uso de linguagem natural e estrutura limitada, o que possibilita a presença de ambiguidades no texto e favorece a ocorrência de erros de interpretação durante a execução. Qualquer instrução executada erradamente pode causar graves danos à rede elétrica, o que tende a atrasar ainda mais o processo de recomposição. A demora na restauração do sistema, por sua vez, causa enorme prejuízo à sociedade e perda de receita à companhia, em virtude da interrupção no fornecimento de energia elétrica. Este trabalho tem como objetivo propor uma solução inovadora para diminuir a quantidade de erros operacionais durante a execução de uma IO. A solução desenvolvida é composta por três passos fundamentais: (i) estruturação dos planos de recomposição da companhia utilizando uma linguagem de alto nível criada para este propósito; (ii) tradução dos planos estruturados em manobras de recomposição, compostas apenas por comandos atômicos e (iii) exportação das manobras para uma ferramenta capaz de controlar a execução destas e auditá-las através do sistema SCADA da companhia. A validação da pesquisa foi conduzida em parceria com especialistas na recomposição do sistema elétrico da CHESF. Ao todo, seis IOs da CHESF foram convertidas para o modelo proposto, com o intuito de verificar a corretude da nova abordagem. Além disso, dois engenheiros da companhia analisaram e aprovaram o modelo de solução apresentado. Entre os principais benefícios da solução apontados pelos especialistas, destacam-se: (i) diminuição do esforço de manutenção dos planos de recomposição, (ii) diminuição dos erros de caráter técnico e de digitação na elaboração dos planos de recomposição e na interpretação das manobras e (iii) introdução de auditoria no fluxo de execução da manobra, o que automatiza parcialmente a tarefa e elimina a necessidade de análises em tempo real pelo operador.

Palavras-Chave. Recomposição do sistema elétrico; Automação de subestações; Geração de manobras.

Abstract

In the context of the Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (CHESF), power system restoration is subject to failures by virtue of misinterpretation, during real-time execution, of the OIs (Operation Instructions). An OI is a normative document that describes the power restoration plan of a electrical substation; OIs are complex documents, characterized by the use of natural language and poor structure, thus the text may contain ambiguities and the probability of misinterpretation is higher. Misinterpreting OI instructions during execution can severely harm the electrical grid, which tends to slow down the restoration process. The delay in this activity may cause enormous damage to the society and financial losses to the company, due to power supply interruption. Concerning this problem, this work presents an innovative approach to reduce operational errors when restoring the system. Our solution consists of three fundamental steps: (i) power restoration plans are structured through a high-level language created to serve this purpose; (ii) we translate these structured plans into switching sequences, composed of atomic commands and (iii) we export these final switching sequences to another existing tool, responsible for managing the execution of OIs in real time and auditing them by accessing the company's SCADA system. The research was validated in partnership with CHESF's power system restoration specialists. Altogether, six CHESF's operating OIs were converted to this approach, aiming to verify its correctness. Besides that, we presented the solution model to two engineers of the company, which analyzed and approved the proposed solution. As main advantages of the technique pointed out by the specialists, stand out: (i) it lowers the maintenance effort of the power restoration plans; (ii) it decreases the number of technical errors and typographical errors on the power restoration plan generation and interpretation; (iii) it introduces auditing in the execution flow of the power restoration switching sequences, which partially automates the task and eliminates the need of real-time analysis by the operators.

Keywords. Power system restoration; Substation automation; Switching sequence generation.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente aos meus pais, por construírem uma família sólida e me ensinarem o valor dos estudos que eles não tiveram oportunidade de ter. Tudo o que sou e tenho, devo a vocês.

Aos meus irmãos, que também foram responsáveis pela minha educação e estiveram ao meu lado sempre que precisei.

Ao professor Jacques Sauvé, pelo excelente trabalho como professor e orientador e pela paciência demonstrada durante a elaboração deste trabalho.

Ao professor Pedro Nicolletti, por toda experiência e ensinamentos que certamente contribuíram muito para o desenvolvimento do meu trabalho.

Aos companheiros de Smartiks. A Eloi e Leandro, especialmente, por todo o apoio e aprendizado durante estes últimos 4 anos.

Aos companheiros de Smart Switch, Camilla, Denílson, Irvile e Bruno, pela disposição em colaborar ao longo do meu trabalho.

Aos meus amigos Andrey, Cristiane, Jonas, Lucas, Natã, Nicolás, Rafael Farias, Rafael Naches e Solon, por toda força que me deram. A Natã, em especial, por evitar que este esquecido que vos escreve perdesse a vaga no mestrado.

A todos aqueles que – infelizmente – esqueci de citar e foram importantes nessa minha jornada.

Muito obrigado.

Conteúdo

1	Introdução	1
1.1	Contextualização	1
1.2	Caracterização do Problema	3
1.3	Objetivos	6
1.4	Relevância	7
1.5	Avaliação e Resultados	8
1.6	Estrutura da Dissertação	9
2	Fundamentação Teórica	11
2.1	Sistemas Elétricos de Potência	11
2.1.1	Subestações e Notação Unifilar	13
2.2	Companhia Hidro Elétrica do São Francisco	15
2.3	Manobras	16
2.4	Recomposição do Sistema Elétrico	19
2.5	Planejamento da Recomposição do Sistema Elétrico	22
2.6	Operação da Recomposição do Sistema Elétrico	23
3	Revisão Bibliográfica	25
3.1	Classificação das Soluções de Recomposição do Sistema	25
3.2	Estado da Arte na Geração de Manobras de Recomposição	26
4	Geração de Manobras de Recomposição do Sistema Elétrico	28
4.1	Requisitos da Solução	28
4.2	Visão Geral da Técnica Proposta	29
4.3	Estruturação dos Planos de Recomposição	31

4.3.1	Linguagem de Estruturação	32
4.3.2	Novo Paradigma de Escrita dos Planos de Recomposição	42
4.4	Tradução dos Planos de Recomposição em Manobras	46
4.4.1	Escolha e Evolução da Técnica de Tradução	47
4.4.2	Tradução de Instruções de Alto Nível em Comandos de Baixo Nível	50
4.4.3	Estratégia de Tradução	52
4.5	Execução e Auditoria das Manobras de Recomposição	53
4.6	Exemplo de Aplicação	55
4.6.1	IO de Recomposição Estruturada	56
4.6.2	Manobra de Recomposição	60
4.6.3	Simulação de Execução da Manobra	62
5	Avaliação	64
5.1	Metodologia	64
5.1.1	Técnica de Geração Automática de Manobras	65
5.1.2	Gerador Semi-Automático de Manobras de Recomposição	67
5.2	Resultados	68
5.2.1	Técnica de Geração Automática de Manobras	68
5.2.2	Gerador Semi-Automático de Manobras de Recomposição	70
5.3	Discussão	72
5.3.1	Aplicabilidade da Solução	72
5.3.2	Limitações da Solução	73
6	Considerações Finais	75
6.1	Conclusões	75
6.2	Contribuições	77
6.3	Trabalhos Futuros	78
	Referências Bibliográficas	80
A	Planos de Recomposição	83
A.1	Modelo de plano estruturado da SE Angelim II	83
A.2	Modelo de plano estruturado da SE Bongí	89

A.3	Modelo de plano estruturado da SE Campina Grande II	98
A.4	Modelo de plano estruturado da SE Joairam	107
A.5	Modelo de plano estruturado da SE Recife II	112
A.6	Modelo de plano estruturado da SE Rio Largo II	129
B	Seção de Validação do Relatório Final do Projeto Smart Switch	134

Lista de Siglas

CHESF - *Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco*

EMS - *Energy Management System*

IO - *Instrução de Operação*

LT - *Linha de Transmissão*

ONS - *Operador Nacional do Sistema Elétrico*

RLD - *Rio Largo II*

RPSL - *Restoration Plan Structuring Language*

SAGE - *Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia*

SCADA - *Supervisory Control and Data Acquisition*

SE - *Subestação*

SEP - *Sistemas Elétricos de Potência*

SisRTM - *Sistema de Roteiro de Manobras*

UFMG - *Universidade Federal de Campina Grande*

XML - *Extensible Markup Language*

Lista de Figuras

1.1	Parte do processo de recomposição do sistema elétrico na CHESF.	3
1.2	Trecho de uma IO de reenergização.	5
1.3	Esboço do processo sugerido pela solução desenvolvida neste trabalho.	6
2.1	Esboço de um sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.	12
2.2	Representação de um transformador de força em diagrama unifilar da CHESF.	13
2.3	Representação de um disjuntor em diagrama unifilar da CHESF.	13
2.4	Representação de uma chave seccionadora em diagrama unifilar da CHESF.	14
2.5	Representação de uma linha de transmissão em diagrama unifilar da CHESF.	14
2.6	Representação de um barramento em diagrama unifilar da CHESF.	14
2.7	Diagrama de estados de um Sistema Elétrico de Potência.	20
4.1	Visão geral da solução proposta.	29
4.2	Esqueleto de um plano de recomposição estruturado.	33
4.3	Trecho da IO de recomposição IO-RLD.01.	43
4.4	Trecho da IO de recomposição IO-RCD.01.	45
4.5	Trecho da IO de recomposição IO-BGI.01.	46
4.6	Esquema de tradução dos planos de recomposição.	47
4.7	Diagrama unifilar representando a subestação reduzida XYZ, com apenas um bay de LT.	50
4.8	Tela do SisRTM durante a execução de uma manobra.	54
4.9	Plano de recomposição estruturado exportado para o SisRTM.	56
4.10	Diagrama unifilar da SE RLD.	57

4.11 Visão do operador durante a execução da manobra de recomposição da SE RLD.	62
5.1 Relacionamento entre os componentes do sistema prova-de-conceito e os recursos de validação disponibilizados pela CHESF.	65

Lista de Tabelas

4.1	Exemplo de instrução estruturada da linguagem RPSL.	34
4.2	Vocabulário completo de instruções da linguagem RPSL.	38
4.3	Vocabulário completo de pré-condições da linguagem RPSL.	42
4.4	Trecho da IO de recomposição IO-RLD.01 escrito em RPSL sem instruções de controle.	44
4.5	Trecho da IO de recomposição IO-RLD.01 escrito em RPSL com pré-condições descritas atômicamente.	44
4.6	Trecho da IO de recomposição IO-RCD.01 escrito em RPSL com instruções de baixo nível abstraídas.	45
4.7	Trecho da IO de recomposição IO-BGI.01 escrito em RPSL com todos os componentes de manobra definidos previamente.	46
4.8	Plano de recomposição estruturado da subestação reduzida XYZ.	50
4.9	Resultado da tradução do plano estruturado da subestação reduzida XYZ em condições normais.	51
4.10	Resultado da tradução do plano estruturado da subestação reduzida XYZ com equipamentos indisponíveis.	52
4.11	IO de reenergização da SE RLD.	58
4.12	Plano de recomposição estruturado da SE RLD.	59
4.13	Conversão das instruções de alto nível do plano de recomposição da SE RLD em comandos atômicos.	61
5.1	Resultados detalhados de validação da Técnica de Geração de Manobras.	70

Lista de Quadros

1.1	Síntese do problema de negócio abordado neste trabalho.	5
4.1	Trecho do documento IO-RLD.01.	60
4.2	Versão estruturada do trecho exibido no Quadro 4.1.	60

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização

Sistemas elétricos de potência (SEP) são compostos por subsistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. A geração de energia é feita através de diferentes fontes (e. g. usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares), as quais estão, tipicamente, geograficamente distantes dos grandes centros de consumo de energia elétrica - são exceção à regra as gerações de energia eólica, solar e biocombustível. Dessa forma, a energia deve ser transportada a estes centros através de linhas de transmissão, formando assim uma grande rede de transmissão e distribuição de energia elétrica [1].

Além das linhas de transmissão, outros equipamentos possuem papéis importantes na rede elétrica. São exemplos: geradores (responsáveis por converter energia mecânica em energia elétrica), transformadores (responsáveis pela conversão dos níveis de tensão, desde a etapa de geração até a distribuição para o consumidor final) e dispositivos de seccionamento (responsáveis por isolar e proteger partes do sistema elétrico) [2].

Os sistemas elétricos são projetados para garantir o suprimento contínuo e confiável de energia elétrica, até mesmo na presença de anomalias na rede elétrica ou durante manutenção de rotina nas subestações [1]. A fim de atender a esse requisito, é frequente a necessidade de reconfigurar a rede de transmissão e distribuição de energia elétrica, seja retirando equipamentos de operação ou executando operações de controle nos equipamentos.

A reconfiguração da rede é realizada por meio de **manobras**. Manobras são sequências de instruções operacionais e administrativas projetadas para diferentes propósitos, os quais

variam desde a simples retirada de serviço de um disjuntor danificado à recomposição de uma subestação que se encontra desenergizada por completo. Uma instrução operacional de manobra é comumente atômica¹, e envolve operações como seccionamento (abertura/fechamento de chaves-seccionadoras ou disjuntores), aterramento (abertura/fechamento de chaves-terra) e controle (transferência da função de proteção dos disjuntores, ajuste de tape, entre outras).

Um tipo particular de manobra realizada nas empresas de Geração e Transmissão de energia elétrica é a **recomposição** de uma subestação desenergizada. Uma subestação pode encontrar-se desenergizada devido a um blecaute parcial ou total da rede, provocado pela ocorrência de uma ou mais contingências (e. g. o desarme de uma subestação). Recompôr a subestação, logo, consiste em executar um conjunto de ações de controle que reconduzem a rede ao seu estado habitual [3]. Para atingir esse objetivo, **planos de recomposição** são cuidadosamente elaborados e utilizados para guiar o processo. Um plano de recomposição pode ser visto como a descrição, em alto nível, da sequência de manobras designadas a recompôr o sistema, ou partes do sistema, para um estado particular da rede.

Os impactos negativos decorrentes de um blecaute na rede se estendem a diversos setores da sociedade: repartições públicas, hospitais, indústrias, consumidores finais etc. são prejudicados durante o tempo no qual o suprimento de energia elétrica está suspenso. As companhias de Geração e Transmissão de Energia Elétrica também acarretam prejuízos, pois são penalizadas com perda de receita, em virtude da indisponibilidade dos equipamentos e/ou da interrupção no fornecimento de energia elétrica [3]. O blecaute que atingiu as regiões Norte e Nordeste em 26 de outubro de 2012, por exemplo, resultou em uma penalidade de R\$ 860 mil à Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco (CHESF) [4].

A recomposição do sistema elétrico é um dos grandes desafios da área, sendo alvo de diversos esforços de pesquisa para tornar cada etapa do processo que a compõe mais confiável e robusta.

¹Instrução indivisível, composta por um único passo a ser realizado para atingir seu objetivo.

1.2 Caracterização do Problema

No âmbito da Companhia Hidro-Elétrica do São Francisco (CHESF), a recomposição do sistema envolve os setores de operação em tempo real e de apoio à operação. A Figura 1.1 ilustra uma parte do processo aplicado atualmente na companhia.

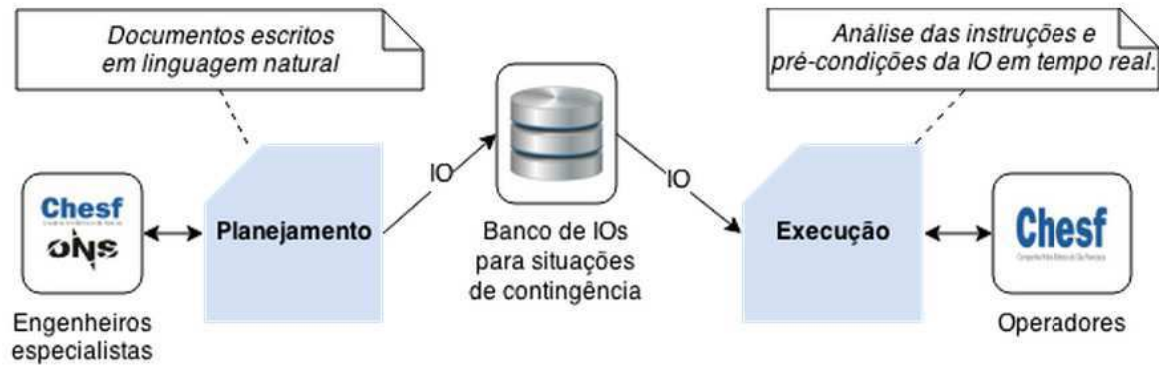


Figura 1.1: Parte do processo de recomposição do sistema elétrico na CHESF.

Todo o andamento do processo ilustrado se baseia em documentos operacionais chamados de **Instruções de Operação (IO)**. Uma IO descreve um plano de recomposição da rede, isto é, a sequência de manobras necessárias para normalizar o sistema elétrico – ou partes do sistema elétrico. Em linhas gerais, a parte mais crítica do processo se concentra nas etapas de:

1. **Planejamento:** elaboração de planos de recomposição para diversas situações de contingência que levem à necessidade de recompor a rede. A tarefa de projetar e avaliar IOs é compartilhada entre os engenheiros da companhia e o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS)²;
2. **Execução:** execução em tempo real das manobras descritas nas IOs, realizada por operadores e supervisores da operação nas subestações e centros de controle da CHESF. Essa etapa do processo é colaborativa entre o pessoal dos centros de operação e das subestações e deve existir sincronização constante das ações realizadas por cada uma das partes envolvidas.

²Órgão nacional independente, responsável pela coordenação e controle da operação da geração e transmissão de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional.

Descrever precisamente um plano de recomposição é uma atividade complexa, uma vez que a tarefa descrita deve observar aspectos que só podem ser avaliados em tempo real (e. g. os níveis de tensão de cada equipamento). Além disso, os planos devem estar de acordo com decisões internas da companhia (e. g. quais locais devem ter prioridade de retorno da energia elétrica) e com restrições de caráter elétrico (e. g. regras de intertravamento de segurança). A complexidade de planejamento de uma IO se reflete no restante do processo de recomposição, dificultando a operação em tempo real e aumentando a suscetibilidade a erros de execução.

Tal dificuldade é acentuada se considerarmos alguns problemas característicos do processo de recomposição utilizado na CHESF, dentre os quais destacam-se:

- **Estrutura das IOs:** IOs são documentos normativos atualmente escritos manualmente através da ferramenta *Word*, do pacote *Microsoft Office*, o que as torna passíveis de erros técnicos e de digitação. Além disso, os documentos são caracterizados pelo uso de linguagem natural, com estrutura limitada e não-formal, o que possibilita a presença de ambiguidades no texto. A Figura 1.2 ilustra o formato de uma IO de reenergização da CHESF.
- **Esforço de manutenção das IOs:** a topologia da CHESF conta com um grande número de subestações (98) e equipamentos para controle. O planejamento de IOs na CHESF é dividido por subestações, portanto existem muitos documentos para manter. Também ocorrem mudanças frequentes na estrutura topológica, as quais resultam em um alto volume de alterações nestes documentos normativos.
- **Não-determinismo das manobras:** IOs devem considerar múltiplos caminhos a seguir durante a recomposição, pois dependem de informações disponíveis apenas em tempo real. Para atender a este requisito, os documentos da CHESF incluem pré-condições para execução de cada uma das instruções, as quais podem exigir a verificação de disponibilidade, níveis de tensão, carregamento dos equipamentos etc. Dada a complexidade de verificar se todas as pré-condições foram satisfeitas, essa característica torna a execução em tempo real altamente suscetível a erros. Exemplos de pré-condições podem ser vistos na Figura 1.2, na coluna “Condições para Fechamento”.
- **Condições de estresse na execução das manobras:** para recuperar as cargas inter-

rompidas na ocorrência de um blecaute, os operadores devem analisar e executar as instruções das IOs de reenergização no menor tempo possível, o que aumenta vulnerabilidade da tarefa. Há ainda de se levar em consideração o fato dos operadores estarem enfrentando cenários quase sempre desconhecidos, sob forte pressão, o que contribui para a ocorrência de erros no momento de interpretar as instruções de uma IO [5].

ITEM	SEQÜÊNCIA DE FECHAMENTO	CONDIÇÕES PARA FECHAMENTO	HORA
1	14S3 (a).	- Quando chegar tensão.	
	(a) Na indisponibilidade da LT 04S3-MSI/RLD, quando chegar tensão, fechar o 14S4 e prosseguir considerando a nova configuração.		
2	14S9	- Tensão \leq 240 kV (a)	
	(a) Caso tensão > 240kV, contatar o CROL (Tabela III, item 1).		
[3]	14S2 (BSK)	- Autorização CROL (Tabela III, item 2).	
4	14S4 (a)	- Quando chegar tensão.	
	(a) Na indisponibilidade da LT 04S4-MSI/RLD, quando chegar tensão, fechar o 14S5 e prosseguir considerando a nova configuração.		

Figura 1.2: Trecho de uma IO de reenergização.

Em decorrência dos problemas citados, a tarefa de recomposição do sistema na CHESF está sujeita a erros em várias etapas, razão pela qual podemos concluir que o processo utilizado atualmente é frágil.

Em síntese, o problema de negócio tratado por este trabalho pode ser generalizado conforme o Quadro 1.1.

Na Companhia Hidro Elétrica do São Francisco, a execução de manobras de recomposição na rede elétrica está sujeita a falhas causadas pela suscetibilidade a erros (i) no processo manual de geração dos planos de recomposição e (ii) na interpretação, em tempo real, desses planos. Qualquer instrução gerada ou interpretada de maneira incorreta pode causar graves danos ao sistema elétrico durante a execução da manobra. Adicionalmente, a demora no cumprimento das manobras pode acarretar perda de receita à companhia, em virtude da indisponibilidade dos equipamentos e/ou da interrupção no fornecimento de energia elétrica.

Quadro 1.1: Síntese do problema de negócio abordado neste trabalho.

1.3 Objetivos

Tendo em vista o problema de negócio enunciado anteriormente, torna-se necessário buscar alternativas que viabilizem um processo de recomposição mais confiável e robusto do que o vigente. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo principal propor uma solução para o problema da geração e execução de planos de recomposição e avaliá-la no âmbito de uma companhia de Geração e Transmissão de Energia Elétrica real (CHESF).

Conforme levantado na Seção 1.2, tanto a geração dos planos de recomposição quanto a interpretação das manobras contidas nesses planos são processos manuais, realizados por seres humanos. Sugere-se, portanto, a automatização parcial dessas atividades. A hipótese adotada por este trabalho é de que é possível gerar manobras de recomposição com qualidade suficiente para diminuir a ocorrência de erros durante a fase de execução e, por consequência, atenuar o problema de negócio supracitado.

Sabe-se que, idealmente, o operador deveria receber uma sequência definitiva de instruções, composta apenas por comandos atômicos a executar, sem a necessidade de analisar múltiplas condições e caminhos possíveis por conta própria durante a operação em tempo real. Em cima disso, foi elaborada uma técnica para **geração semi-automática de manobras de recomposição** de subestações, a qual introduz um passo intermediário e automático entre o planejamento dos planos de recomposição e a execução da manobra.

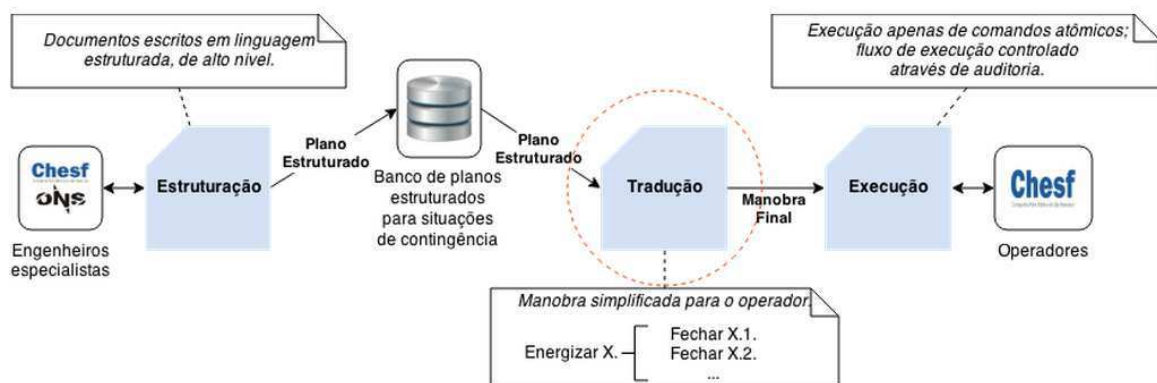


Figura 1.3: Esboço do processo sugerido pela solução desenvolvida neste trabalho.

A solução elaborada, esboçada na Figura 1.3, é composta por três passos principais:

1. **Estruturação das IOs:** consiste na escrita dos planos de recomposição existentes

de forma estruturada, através de uma nova linguagem de alto nível criada para este fim. Por alto nível entende-se a descrição textual de uma manobra, normalmente não trivial (e. g. energizar, liberar e normalizar equipamentos). Tais instruções exigem análise aprofundada do estado da rede, das regras de segurança e limites operacionais do sistema elétrico etc.

2. **Tradução das IOs estruturadas:** consiste na geração automática das manobras de recomposição, compostas apenas por comandos de baixo nível. Por baixo nível entende-se um comando atômico de manobra realizado pelo operador no pátio da subestação ou na sala de controle do centro de operação (e. g. abrir, fechar dispositivos seccionadores). A tradução das instruções é guiada pelas IOs estruturadas fornecidas no passo 1.
3. **Execução auditável da IO traduzida:** consiste na execução da manobra gerada no passo 2, com auditoria automática das instruções e pré-condições existentes. Através da auditoria, o fluxo de execução da manobra é guiado pelo computador, o que simplifica a tarefa do executor (e. g. não é mais responsabilidade do operador em tempo real identificar se as pré-condições de uma determinada instrução foram atendidas antes de executá-la).

1.4 Relevância

A solução apresentada neste trabalho contribui para a automatização da Operação do sistema elétrico e aumenta a confiabilidade do processo de recomposição do sistema. Entre os principais benefícios da técnica estão:

- Diminuir o esforço de manutenção dos planos de recomposição;
- Diminuir a probabilidade de ocorrência de erros de cunho técnico – na interpretação das manobras – e eliminar os erros de digitação – na modelagem dos planos;
- Simplificar o fluxo de execução e aumentar a confiabilidade das manobras de recomposição.

Os trabalhos relacionados identificados na literatura destinam-se, em geral, à geração automática de planos de recomposição [5]-[6]-[7]-[8] e/ou ferramentas de treinamento na

geração manual de planos de recomposição [9]. Até o momento, não existem na literatura técnicas que possibilitem a geração de manobras de recomposição com base em planos de recomposição pré-existent. Sendo assim, a natureza semi-automática da solução proposta é a grande inovação desta pesquisa.

É importante ressaltar que, embora a solução semi-automática não garanta a geração de manobras estritamente corretas – visto que a decisão de como recompor o sistema elétrico será do especialista que desenvolver o plano –, ela garante a tradução correta dos planos de recomposição em manobras simplificadas, compostas por passos atômicos e auditáveis, na expectativa de que isso evite erros de interpretação ou análise por parte dos operadores.

1.5 Avaliação e Resultados

O trabalho em questão foi avaliado no âmbito de uma companhia de Geração e Transmissão de Energia Elétrica real – a CHESF. A metodologia de avaliação utilizada foi composta por três etapas básicas, resumidas como segue:

1. **Validação da técnica de geração automática de manobras escolhida para traduzir instruções de alto nível:** o passo mais importante da abordagem proposta é a tradução dos planos de alto nível em uma manobra, composta por comandos de baixo nível. A técnica de geração automática escolhida para realizar essa tarefa possuía algumas limitações significativas, entre elas o fato de não gerar manobras estritamente corretas para cenários atípicos da rede (e. g. equipamentos faltosos) [10]-[11]. Dada a sua importância para o sucesso da pesquisa, a técnica foi evoluída e reavaliada dentro do contexto deste trabalho, até estar apta a gerar manobras estritamente corretas do ponto de vista elétrico.
2. **Verificação da solução desenvolvida:** a solução foi verificada com base nas IOs operacionais de recomposição das subestações da CHESF. Para tal, um subconjunto das IOs disponíveis foi estruturado em planos de recomposição segundo o modelo desenvolvido neste trabalho e, em seguida, cada plano foi traduzido automaticamente em uma manobra equivalente. A comparação das sequências de instruções atômicas das IOs com aquelas geradas pelo tradutor mostrou que: (i) a linguagem de estruturação desenvolvida é capaz de expressar o mesmo conteúdo contido nos documentos

CHESF; (ii) a solução desenvolvida é capaz de gerar manobras de recomposição corretas desde que planos de recomposição corretos sejam fornecidos como entrada.

3. **Validação da solução desenvolvida:** o modelo da solução desenvolvida foi validado através do método de validação aparente. Dois engenheiros da CHESF, especialistas no processo de recomposição da rede, analisaram o modelo a respeito de sua (i) viabilidade e (ii) validade no contexto da companhia. Ambas as avaliações foram positivas para os dois quesitos avaliados, ressaltando como principais benefícios da solução a redução do esforço de manutenção dos documentos e a simplificação do fluxo de execução das IOs para o operador.

Vale destacar como resultados concretos do trabalho realizado:

- Elaboração completa de seis IOs da CHESF de acordo com o modelo da solução desenvolvida. Os planos de recomposição estruturados foram traduzidos e o resultado final possui exatamente a mesma semântica dos documentos originais.
- Implementação da solução em um sistema prova-de-conceito desenvolvido em parceria com a CHESF, para fins de verificação.
- Parecer técnico positivo dos especialistas no processo de recomposição da CHESF, a respeito da viabilidade e da validade da técnica no contexto da companhia.

1.6 Estrutura da Dissertação

A dissertação está dividida em seis capítulos, sendo o Capítulo 1 esta introdução.

No Capítulo 2 é apresentada a fundamentação teórica necessária para entendimento da solução. São descritos, em maior nível de detalhe, os principais conceitos da área de pesquisa relevantes ao contexto deste trabalho, entre os quais: sistemas elétricos de potência, subestações e notação unifilar, geração automática de manobras, planejamento e operação da recomposição do sistema elétrico.

No Capítulo 3, discute-se a revisão bibliográfica dos trabalhos relacionados. É apresentada uma classificação das soluções computacionais destinadas a resolver ou atenuar o problema da recomposição do sistema elétrico. Em seguida, as técnicas encontradas na literatura são classificadas e comparadas a fim de esclarecer o caráter inovador desta pesquisa.

O Capítulo 4 consiste no núcleo desta dissertação. Nele são descritas, em detalhes, cada etapa da solução desenvolvida ao longo da pesquisa. Aspectos técnicos – como a arquitetura da solução – e metodológicos – como o impacto da solução no processo existente na CHESF – são temas deste capítulo. Além disso, é fornecido um exemplo completo de aplicação da técnica no contexto de uma subestação da CHESF.

A avaliação do trabalho é feita no Capítulo 5. Nele é apresentada a metodologia de validação da pesquisa, bem como os resultados concretos obtidos. O capítulo ainda mostra uma discussão sobre as limitações da solução desenvolvida e a aplicabilidade desta no contexto das empresas de geração e transmissão de energia elétrica.

Finalmente, o Capítulo 6 apresenta as principais conclusões a respeito do trabalho realizado, as contribuições da pesquisa e sugestões de trabalhos futuros.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

2.1 Sistemas Elétricos de Potência

Sistemas Elétricos de Potência são subdivididos em três funções principais: geração, transmissão e distribuição de energia elétrica. A Figura 2.1 apresenta um esboço dessa divisão. A geração de energia é feita em unidades geradoras, as quais podem utilizar-se de diferentes fontes (e. g. usinas hidrelétricas, termelétricas e nucleares). Tais unidades geradoras estão, tipicamente, geograficamente distantes dos grandes centros de consumo de energia elétrica. Para transportar a energia a estes centros, são utilizadas linhas de transmissão de alta tensão, formando assim uma grande rede de transmissão e distribuição de energia elétrica [1]. A energia passa por diversas subestações transformadoras durante o processo – conhecidas como abaixadoras ou elevadoras –, até estar apta a atender o consumidor final, de pequeno ou grande porte, por meio do sistema de distribuição.

Sistemas elétricos de potência são projetados para garantir o suprimento contínuo e confiável de energia elétrica. Distúrbios na rede elétrica devem ser prontamente corrigidos para evitar a interrupção das cargas supridas. Conforme LOPES (2008), “O crescimento da economia de um país está diretamente ligado à evolução do Sistema Elétrico que suporta suas maiores demandas de energia. [...] Os consumidores, cada vez mais cientes do seu papel junto aos órgãos fiscalizadores, estão exigindo maior qualidade da energia que consomem. Dentre tais exigências, o tempo de interrupção de energia elétrica é extremamente relevante.” Com o propósito de atender a esse requisito, diversos esforços são realizados na área de automação de subestações com o intuito de prover maior eficiência operativa para o sistema.

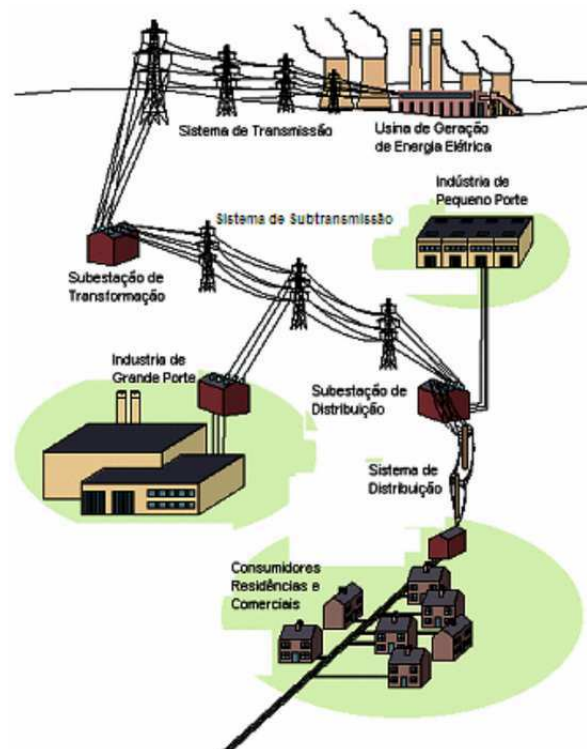


Figura 2.1: Esboço de um sistema de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica.

Fonte: DUARTE A. N.; Tratamento de Eventos em Redes Elétricas: Uma Ferramenta, Dissertação de Mestrado, COPIN/CCT/UFCG, Fevereiro, 2003.

2.1.1 Subestações e Notação Unifilar

Uma subestação (SE) é um conjunto de equipamentos utilizados para controlar e dirigir o fluxo de energia do sistema, mantendo-o dentro dos limites operacionais estabelecidos. Uma SE atende propósitos de transmissão e distribuição de energia elétrica. Subestações podem ser classificadas em transformadoras (convertem a tensão de suprimento para um nível diferente) ou seccionadoras (preveem chaveamento e multiplicação de circuitos sob um mesmo nível de tensão) [12].

Entre os principais tipos de equipamento presentes em uma SE, temos:

- **Equipamentos de Transformação:** transformadores de força, transformadores de corrente e transformadores de potencial. Os transformadores de força (Figura 2.2) transferem energia de um circuito, chamado primário, para um ou mais circuitos, denominados secundário e terciário; na transferência, a tensão é elevada ou diminuída. Os transformadores de corrente e potencial, por sua vez, reduzem a corrente ou a tensão, respectivamente, a níveis compatíveis com os valores de suprimento de relés e medidores [12].

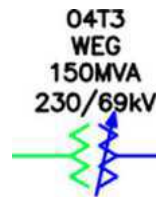


Figura 2.2: Representação de um transformador de força em diagrama unifilar da CHESF.

- **Equipamentos de Manobra:** disjuntores e chaves de seccionamento. Disjuntores (Figura 2.3) são dispositivos mecânicos capazes de interromper a passagem da corrente elétrica de forma rápida, além de prover abertura automática diante da ativação de mecanismos de proteção do sistema, para evitar propagação de falhas. As chaves seccionadoras (Figura 2.4) são dispositivos destinados a tarefas como isolar equipamentos da rede ou realizar *by-pass* de disjuntores [12].

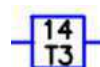


Figura 2.3: Representação de um disjuntor em diagrama unifilar da CHESF.

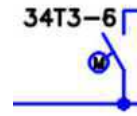


Figura 2.4: Representação de uma chave seccionadora em diagrama unifilar da CHESF.

- **Linhas de Transmissão (LTs):** são o meio físico utilizado para transportar a energia elétrica das usinas de geração até as áreas consumidoras [10]. As linhas de transmissão (Figura 2.5) são classificadas de acordo com sua tensão de operação, dividindo-se em linhas de alta tensão (utilizadas para conectar usinas de geração a subestações de alta tensão) e de sub-transmissão (utilizadas para interconectar as subestações de alta tensão com as subestações de distribuição dentro de uma cidade).



Figura 2.5: Representação de uma linha de transmissão em diagrama unifilar da CHESF.

- **Barramentos:** são elementos estruturais das subestações. Os barramentos (Figura 2.6) conectam fisicamente vários equipamentos da SE, como linhas de transmissão, transformadores de corrente, transformadores de força, entre outros. A quantidade de barramentos e a conexão desses barramentos à aparelhagem da subestação depende da configuração estabelecida pelo arranjo de barramento utilizado [12]. O arranjo de barramento, também conhecido como esquema da subestação, depende de alguns fatores, como: confiabilidade, segurança, custos e complexidade. As configurações mais comuns são (i) barramento simples; (ii) barramento duplo; (iii) barramento principal e barramento de transferência; (iv) barramento duplo, disjuntor simples e chaves seccionadoras para seleção de barramento; (v) barramento em anel; (vi) disjuntor e meio [10].



Figura 2.6: Representação de um barramento em diagrama unifilar da CHESF.

- **Equipamentos de Controle:** são elementos de controle dos níveis de tensão ou frequência das subestações. Destacam-se no controle de tensão: reatores, capacitores, compensadores estático e compensadores síncrono; no controle de frequência: conversores e retificadores.

2.2 Companhia Hidro Elétrica do São Francisco

A Companhia Hidro Elétrica do São Francisco é uma empresa atuante no setor de geração e transmissão de energia elétrica do Brasil. O sistema de transmissão da CHESF interliga os estados do Nordeste e une a região aos sistemas das regiões Norte, Sudeste e Centro-Oeste do país. Atualmente possui 98 subestações, sendo 15 elevadoras de tensão, 76 abaixadoras de tensão e 7 seccionadoras, com capacidade de transformação de mais de 43.000 MVA¹.

As atividades relacionadas à operação do sistema na CHESF categorizam-se em Pré-operação, Tempo Real e Pós-operação. No setor de pré-operação concentram-se as atividades de normatização (diretrizes para operar o sistema em condições normais e especiais) e programação de intervenções (procedimentos para manutenção de equipamentos da rede). No setor de operação em tempo real são colocadas em prática as diretrizes e procedimentos programados pelo setor de pré-operação. Contempla ainda o trabalho diário de supervisão dos operadores nas subestações, além do controle de contingências previstas ou não-previstas no sistema. Por fim, o setor de pós-operação acompanha e analisa o desempenho da Operação com relação aos recursos técnicos, materiais e humanos disponibilizados.

O sistema responsável pela aquisição de dados, controle e supervisão do processo de geração e transmissão de energia elétrica da CHESF chama-se Sistema Aberto de Gerenciamento de Energia (SAGE). O SAGE é um sistema do tipo SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) / EMS (*Energy Management System*). Grande parte das soluções computacionais implantadas na empresa comunicam-se com o SAGE para obter informações em tempo real sobre a rede elétrica, bem como observar eventos ocorridos no sistema.

Entre as inovações tecnológicas que fazem uso da funcionalidade disponibilizada pelo SAGE, vale mencionar os seguintes componentes:

¹<http://www.chesf.gov.br/>

- **Smart Model:** serviço oriundo do sistema Smart Alarms, responsável por representar as entidades presentes na rede elétrica, seus estados operacionais e atributos. O Smart Model utiliza Teoria dos Grafos para modelar a topologia da rede elétrica: cada equipamento é um vértice do grafo resultante e as conexões físicas entre os terminais dos equipamentos formam as arestas. Atua como interface de comunicação para obtenção de dados do SAGE para diversos sistemas da companhia.
- **SisRTM:** sistema responsável por manter e gerenciar documentos normativos dos Centros de Operação e Instalações da CHESF. Em produção desde 2008, a ferramenta gerencia boa parte dos documentos normativos utilizados pelos setores de Pré-Operação e Operação da empresa, além de controlar a execução, em tempo real, desses documentos. Durante a execução, o SisRTM pode eventualmente consultar o SAGE – através do Smart Model – para auditar automaticamente as instruções dos documentos (i. e. verificar se uma determinada instrução foi realizada com sucesso e obter o horário de realização desta).

2.3 Manobras

O termo manobra, no contexto deste trabalho, pode ser definido como uma “sequência de instruções atômicas, executadas com o objetivo de alterar o estado da rede elétrica”. É considerada uma das principais e mais básicas atividades em subestações elétricas [13].

As operações que compõem uma manobra são divididas em operações de seccionamento, aterramento e de controle. As operações de seccionamento consistem na abertura ou fechamento de dispositivos seccionadores – disjuntores e chaves de isolamento. De forma semelhante, operações de aterramento consistem na abertura ou fechamento das chaves de aterramento. Por fim, operações de controle tem por finalidade garantir o funcionamento adequado do sistema, mantendo-o dentro dos limites permitidos e atendendo as normas de proteção existentes. São operações de controle a regulação dos níveis de tensão dos equipamentos e a transferência da função de proteção dos disjuntores.

Cada manobra tem um objetivo específico bem definido, tais como: liberar um disjuntor defeituoso para manutenção, retirando-o de serviço; ou normalizar este mesmo disjuntor após o período de manutenção. Os tipos de manobra podem ser resumidos como segue:

1. **Energização:** trata de permitir a chegada de tensão ao equipamento, fechando o circuito que o conecta a uma fonte de energia. Para qualquer equipamento de *bay*, a energização requer sua conexão com o barramento associado (desde que este esteja energizado). A energização de uma linha de transmissão é subdividida em (i) energização em vazio: energiza o terminal origem; e (ii) energização em carga: energiza o terminal origem e o terminal destino. A energização de qualquer outro equipamento deve ser feita com base no documento de Instruções Normativas equivalente.
2. **Desenergização:** trata de tirar a tensão do equipamento. Para qualquer equipamento de *bay*, a desenergização requer a abertura dos disjuntores equivalentes, desconectando-os do barramento associado. A desenergização de uma linha de transmissão, por exemplo, é equivalente a abrir os disjuntores do terminal destino e de origem, não necessariamente nessa ordem.
3. **Isolamento:** isolar um equipamento é uma manobra de segurança que visa a impedir que qualquer vestígio de corrente elétrica o alcance, mesmo que o disjuntor correspondente seja fechado por acidente. Isolar um equipamento consiste em abrir as chaves seccionadoras adjacentes a ele – chamadas de chave de isolamento – ou as chaves adjacentes ao disjuntor que o protege, caso exista.
4. **Aterramento:** aterrar um equipamento consiste em conduzir elétrons remanescentes neste equipamento à terra. Dado que o equipamento está devidamente isolado, o procedimento de aterramento resume-se a fechar a chave de aterramento vinculada a ele, caso exista.
5. **Transferência:** a operação de transferência ocorre em barras e disjuntores. Para barramentos, pode-se transferir equipamentos da barra principal para barra secundária, por motivo de manutenção ou desarme de barra; para disjuntores, transfere-se a função de proteção do disjuntor principal para o disjuntor de transferência (*by-pass* do disjuntor), também por motivos de manutenção.
6. **Liberação:** trata da liberação do equipamento para manutenção preventiva ou corretiva. Para tal, os equipamentos devem ser liberados da operação, tornando possível a realização de testes e a atuação – em loco – de funcionários da companhia. Esse objetivo consiste, portanto, em desenergizar, isolar e aterrar (se aplicável), o equipamento.

A liberação de disjuntores requer ainda a transferência de sua função de proteção, conforme mencionado no item anterior.

7. **Normalização:** trata da reintegração do equipamento à rede, restaurando o circuito à configuração normal. O equipamento deve voltar à operação ou, no caso de equipamentos de reserva, deve estar pronto para voltar a operar quando necessário. Geralmente, a normalização acontece após a manutenção com sucesso do equipamento. Dessa forma, o equipamento deve ser desaterrado (se aplicável) e posteriormente energizado.

Manobras são executadas em resposta a eventos que ocorrem na rede elétrica, sejam eles aleatórios ou programados [10]. Entre os eventos que requerem a execução de manobras, temos:

- **Falha:** a manobra deve isolar o equipamento com falha e restaurar o fornecimento de energia através de circuitos não faltosos.
- **Sobrecarga:** a manobra deve redistribuir as cargas, de modo que elas sejam corretamente distribuídas ao longo dos circuitos.
- **Sobre-tensão ou Sub-tensão:** a manobra deve inserir ou retirar reatores do sistema, ou ajustar tapetes de transformadores de modo que as tensões dos barramentos fiquem dentro dos limites permitidos.
- **Manutenção:** a manobra deve isolar e aterrar o equipamento para que este possa passar por manutenção de rotina.
- **Restauração:** quando parte de um circuito fica fora de serviço, a rede é reconfigurada de maneira que os consumidores não sejam privados do fornecimento de energia.

Os eventos de falha e restauração podem ser considerados os mais críticos, enquanto os eventos de manutenção são menos críticos. As manobras destinadas a eventos de falha e restauração são tipicamente responsabilidade do setor de operação em tempo real, embora envolvam todos os setores da Operação. As manobras de manutenção são responsabilidade do setor de pré-operação. Participam da concepção e execução de uma manobra os operadores e supervisores da operação do sistema.

Determinar as operações de uma manobra pode ser um processo complexo tendo em vista que muitas restrições devem ser satisfeitas [10]. Diversos aspectos devem ser considerados na geração de uma manobra, a exemplo do estado da rede, esquemas de proteção dos disjuntores, regras de intertravamento elétrico, redundância do sistema elétrico etc. Além disso, manobras podem ter de lidar com características não-triviais, como arranjos de configuração atípicas ou subestações com equipamentos impedidos de operar.

Operações de manobras inadequadas, mesmo que mínimas, podem afetar negativamente grande parte do sistema elétrico. Em virtude disso, é imprescindível que as manobras sejam bem planejadas antes de serem executadas. Antes da execução de uma manobra na rede, é preciso uma análise prévia no sistema elétrico para prever possíveis consequências dessa manobra, de forma a garantir que as operações executadas não resultarão em situações indesejadas, como por exemplo, sobrecarga de equipamentos, sobre-tensão ou falhas no sistema [10].

2.4 **Recomposição do Sistema Elétrico**

Um sistema elétrico de potência é dito estar no estado **normal** quando observadas as restrições de carga, operação e segurança às quais ele é submetido. Neste estado, o sistema dispõe de toda sua capacidade operativa e atende integralmente à demanda sem violar qualquer limite de geração, carregamento ou tensão [15]. A Figura 2.7 ilustra os estados de um sistema elétrico e suas possíveis transições. É importante notar que duas regiões do sistema podem estar em estados diferentes simultaneamente [14].

Na ocorrência de falhas que levem o sistema a operar com os limites violados, o estado passa a ser de **alerta**, caso a contingência seja prevista pelas restrições de segurança, ou **emergência**, caso contrário. Se ações de controle forem tomadas com sucesso, o sistema retorna ao estado normal sem consequências mais graves.

O estado **restaurativo** é atingido quando uma emergência é eliminada por meio do desligamento manual/remoto de áreas do sistema, por um operador na subestação ou centro de controle; ou automaticamente por ação dos dispositivos de proteção. O estado restaurativo em que um sistema pode se encontrar é muito variado e depende dos desligamentos ocorridos no estado de emergência. O SEP pode ter sofrido desde desligamentos simples, desligamen-

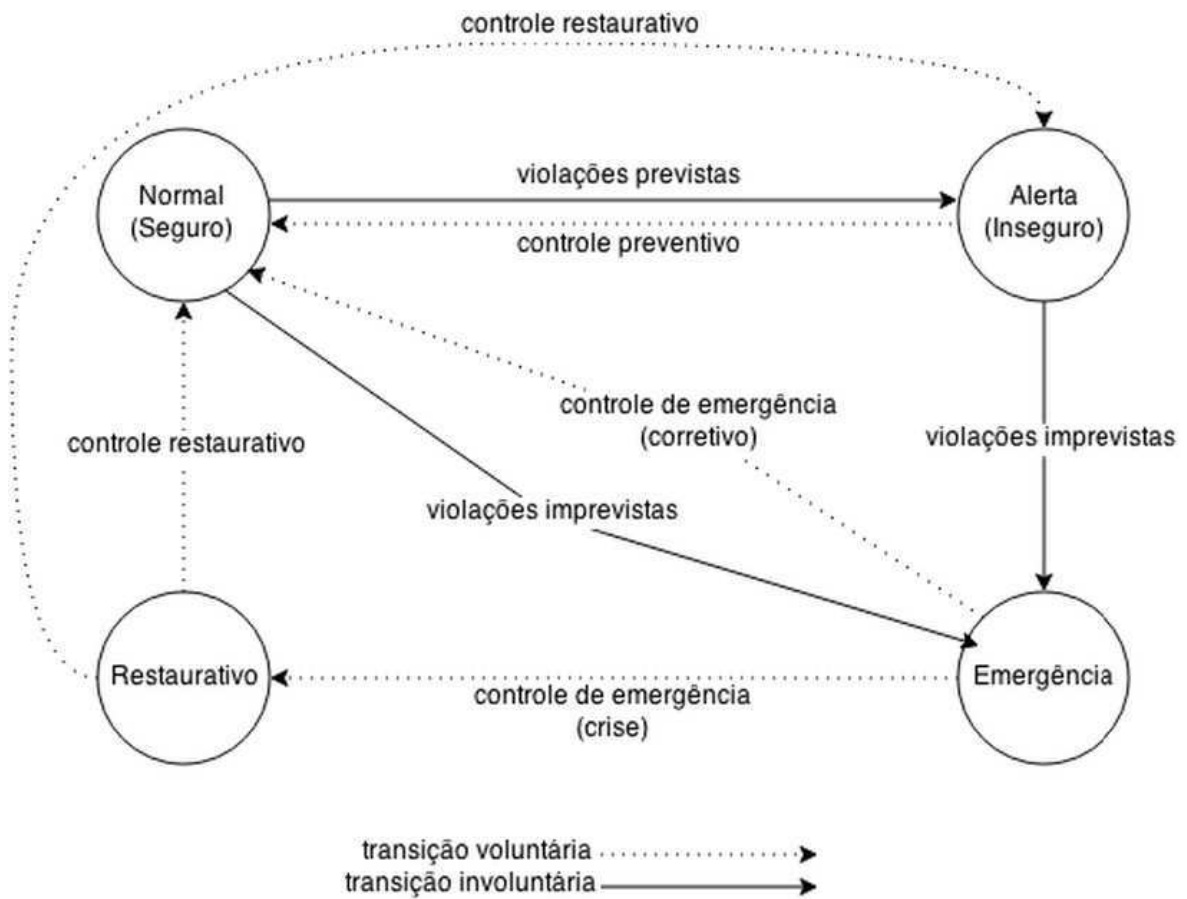


Figura 2.7: Diagrama de estados de um Sistema Elétrico de Potência.

tos múltiplos, blecautes em determinadas áreas ou ilhas, até um blecaute em todo o sistema interligado [3]. Nesse cenário, embora as restrições operacionais possam ser respeitadas, o sistema não está íntegro e certamente existem cargas interrompidas, configurando perda parcial ou total de energia e prejudicando consumidores [9]-[15].

Chamamos de controle restaurativo, recomposição, restauração ou restabelecimento de sistemas elétricos, a execução de um conjunto de manobras em sequência a fim de restaurar o sistema elétrico ao seu estado de operação normal, do qual ele foi retirado devido a uma ou mais contingências. Quando o sistema encontra-se no estado restaurativo, os operadores dos centros de controle devem agir prontamente na tentativa de torná-lo operante novamente.

A recomposição de SEPs é realizada através de um processo amplo, que envolve diversos domínios do setor elétrico. De forma geral, podemos decompor o problema nas seguintes fases:

1. **Identificação:** obtenção do estado da rede, disponibilidade dos equipamentos e medidas das grandezas elétricas. Essa tarefa é primordial para determinar quais componentes poderão ser utilizados durante a recomposição.
2. **Planejamento:** definição das rotas de recomposição e componentes usados no processo com a finalidade de estabelecer a sequência de manobras necessárias para recompor o sistema. Essa sequência é descrita em um plano de recomposição. Na maior parte dos casos, o planejamento da recomposição é feito antecipadamente, através de estudo exaustivo e posterior definição de estratégias de recomposição para diversas partes do sistema e estados da rede.
3. **Operação:** execução da estratégia de recomposição traçada no passo 2. Esta fase deve ser executada com extrema cautela, pois qualquer violação neste estágio pode implicar na atuação da proteção, com a consequente perda do trabalho realizado e a necessidade de reiniciar o processo (*set-back*) [15].

Na CHESF, assim como em outras companhias de Geração e Transmissão de Energia Elétrica do Brasil, o processo de recomposição é centralizado, sendo coordenado pelo ONS. A fase de identificação é automatizada pelo SAGE; o ONS e a CHESF atuam juntos na fase de Planejamento; e a fase de Operação é executada pela CHESF, sob supervisão do ONS.

2.5 Planejamento da Recomposição do Sistema Elétrico

O planejamento da recomposição do sistema elétrico consiste essencialmente na definição de planos de recomposição. Planos de Recomposição são sequências de manobras cuidadosamente escolhidas para restaurar o sistema.

De acordo com ALVES (2007), “qualquer SEP está sujeito à ocorrência de colapsos totais ou parciais, não importando o cuidado com que tenham sido projetados seus sistemas de controle e de proteção ou o quanto se tenha investido em sua infra-estrutura.” Para lidar com situações de contingência (previstas ou não-previstas), os planos de recomposição são elaborados e armazenados previamente em formato de IO. Cabe à operação identificar as IOs necessárias para lidar com o cenário de recomposição enfrentado e seguir as instruções dos documentos no momento de efetuar o controle restaurativo do sistema.

Uma IO de recomposição inclui pré-condições associadas às instruções, as quais definem se a instrução deve ou não ser executada. Pré-condições podem envolver checagem de disponibilidade, limites operacionais, configuração de tape de transformadores etc. A verificação dessas condições deve ser realizada em tempo real apenas, durante a manobra.

Por intermédio das pré-condições, um único plano de recomposição pode cobrir dezenas de estados da rede elétrica. Para tal, basta definir caminhos diferentes os quais um operador deve tomar de acordo com o estado da rede durante a manobra. O caminho escolhido em tempo real será determinado pela verificação das pré-condições das instruções por parte do operador, e pode ser alterado dependendo do resultado de suas ações.

Apesar de permitir que múltiplos cenários de recomposição sejam cobertos por um único plano de recomposição, o uso de pré-condições tem um custo: a alta complexidade (i) na escrita dos documentos e (ii) na interpretação dos documentos pelos operadores. O planejamento das manobras de recomposição não é, portanto, uma tarefa trivial. Ademais, além de todos os aspectos considerados na elaboração de uma manobra comum (citados na Seção 2.3), a estratégia de recomposição deve levar em conta também restrições econômicas e fatores administrativos (e. g. prioridade de reenergização de uma região com hospitais ou áreas comerciais).

Na CHESF, os planos de recomposição são divididos por subestação. Cada subestação possui uma IO de Reenergização. A CHESF é responsável pela escrita dessas IOs, seguindo

as diretrizes do ONS. O ONS, por sua vez, é responsável pela concepção das IOs sistêmicas, as quais definem o processo de recomposição do sistema como um todo. As IOs sistêmicas fazem referência às IOs de reenergização de cada subestação e são consideradas o núcleo do processo [9].

2.6 Operação da Recomposição do Sistema Elétrico

A operação do sistema é a execução propriamente dita da estratégia de recomposição adotada na fase de planejamento. Normalmente, essa fase é executada e/ou coordenada pelo operador do centro de operação, seguindo os procedimentos descritos nas IOs [3].

Embora possa parecer uma tarefa simples, a execução de uma IO envolve uma série de dificuldades, a exemplo:

- **Complexidade:** antes de executar cada instrução do plano, o operador deve primeiro checar se todas as pré-condições da instrução estão sendo satisfeitas. Dependendo do resultado da checagem, pode ser necessário pular ações e mudar a ordem de execução, o que tende a confundir os realizadores da manobra.
- **Urgência:** os operadores executam os planos de recomposição sob forte pressão, pois devem recompor o sistema no menor tempo possível. Deve-se levar em conta ainda o fato dos operadores estarem enfrentando cenários usualmente desconhecidos, para os quais eles podem não ter sido treinados. As condições de estresse impostas aos executores da manobra prejudicam consideravelmente a qualidade do processo.
- **Coordenação:** IOs são executadas por muitas pessoas, algumas presentes nas subestações e outras presentes nos centros de operação. Faz-se necessária a comunicação entre todas as partes para evitar problemas de sincronização durante a execução dos planos. Por indisponibilidade de recursos tecnológicos mais avançados, a sincronização é por vezes feita via telefone.

A operação da recomposição envolve, tradicionalmente, a execução de dois procedimentos: i) o procedimento de Preparação dos estados dos disjuntores da subestação e ii) o procedimento de Restabelecimento (ou Reenergização), o qual realiza a interligação de unidades geradoras, energização de equipamentos e restabelecimento de cargas [3].

Na CHESF, as IOs de reenergização de subestação são executadas na sequência estabelecida pelo ONS nas IOs sistêmicas. O ONS é avisado do resultado do restabelecimento de cada subestação e passa a coordenar as próximas ações, até o restabelecimento parcial ou total das cargas afetadas no estado restaurativo. O atraso na operação ou a execução inadequada dos planos de restauração resulta em perda de receita para a CHESF [9].

Capítulo 3

Revisão Bibliográfica

3.1 Classificação das Soluções de Recomposição do Sistema

De acordo com Bretas e Phadke [16], as soluções destinadas a resolver ou auxiliar a resolução do problema da recomposição do sistema elétrico podem ser classificadas em três categorias:

- **Recomposição Automatizada:** a solução é responsável pelo planejamento e implementação da manobra de recomposição. O próprio sistema adquire informações do SCADA/EMS, elabora o plano de recomposição adequado e através do SCADA implementa este plano automaticamente, executando as ações planejadas na rede elétrica. Nesta abordagem o operador do sistema realiza apenas o papel de supervisor.
- **Recomposição Auxiliada por Computador:** neste tipo de recomposição não existe um sistema próprio para geração de planos de recomposição ou mesmo a implementação de ações através do SCADA. Os operadores planejam e elaboram os próprios planos de recomposição e utilizam ferramentas de auxílio à recomposição em tempo real para facilitar partes específicas do processo.
- **Recomposição Cooperativa:** nesta categoria temos um sistema de apoio à recomposição que recebe as informações do sistema elétrico através do SCADA, elabora o plano de recomposição e deixa que a responsabilidade de implementá-lo seja dos operadores do sistema. Além disso, seguir ou não o plano gerado pela ferramenta também é uma decisão dos especialistas da companhia.

As pesquisas em recomposição têm se concentrado nas categorias de “Recomposição Auxiliada por Computador” e “Recomposição Cooperativa”. A “Recomposição Automatizada” oferece um risco muito alto ao sistema elétrico, pois quaisquer erros de *software* poderiam agravar o estado da rede. Em geral, todas as companhias de Geração e Transmissão de Energia Elétrica possuem pelo menos ferramentas de auxílio à recomposição, e. g. ferramentas para estudos *off-line* ou simuladores para treinamento de operadores [17].

A solução desenvolvida neste trabalho é híbrida, combinando características da categoria de Recomposição Auxiliada por Computador (execução por parte do operador e apoiada por ferramentas auxiliares) e da categoria de Recomposição Cooperativa (pois embora o planejamento da manobra também seja feito pelo operador, a tradução para comandos atômicos é automatizada pelo computador).

3.2 Estado da Arte na Geração de Manobras de Recomposição

No que concerne a geração de manobras de recomposição, o problema pode ser definido como “determinar uma manobra de recomposição definitiva, composta apenas por passos atômicos, com base em um plano de recomposição pré-existente de uma subestação”. Diversos trabalhos relacionados estão expostos na literatura, baseados em Recomposição Cooperativa [5]-[6]-[7]-[8] e Recomposição Auxiliada por Computador [9].

Islam *et al.* [5] apresentam uma ferramenta de treinamento para geração de planos de recomposição. A abordagem implementa um sistema especialista, utilizando um algoritmo baseado em casos (*case-based reasoning*). Os usuários podem simular eventos de blecaute no sistema elétrico sob estudo e o sistema especialista sugere soluções baseadas nos casos de sucesso conhecidos, armazenados na base de casos. Por fim, através de uma análise de fluxo, a técnica permite verificar as manobras propostas, para checar a viabilidade dos resultados. Dado que a técnica adapta soluções passadas (casos armazenados) para resolver problemas novos, não há garantia de que a solução vá gerar manobras corretas, pois a base pode ser insuficiente. Além disso, o conhecimento de uma base serve apenas para um sistema, não podendo ser adaptado para outros. Apesar das limitações, a ferramenta parece eficaz para treinamento na geração de manobras de recomposição, objetivo para o qual foi criada.

Salami [6] propõe uma abordagem heurística para especificar a sequência de passos necessários para restaurar o sistema elétrico (i. e. para gerar planos de recomposição). O sistema elétrico é dividido em um certo número de “ilhas” isoladas, formadas de acordo com restrições de balanceamento de carga. Essas ilhas permanecem eletricamente isoladas até que cada uma esteja completamente restaurada e estável. Após as restaurações individuais, as linhas de interligação dessas ilhas são religadas. Para gerar os planos de restauração de cada ilha, a solução usa dados de ocorrências antigas (estados do sistema antes e depois de restaurado).

O trabalho de Lindgren [7] também se propõe a resolver o problema da geração automática de planos de recomposição. A solução consegue encontrar planos de recomposição corretos para restaurar o sistema elétrico por meio do algoritmo de busca A^* , utilizando diferentes funções heurísticas. O trabalho ainda mostra que a geração de planos de recomposição é um problema NP-complexo. De modo semelhante, Sudakhar [8] modela um algoritmo de geração de planos de recomposição baseado em Teoria dos Grafos, aplicando o algoritmo *Minimum Spanning Tree* (MST).

Figueiredo *et. al.* [9] apresentam a ferramenta Smart Action, desenvolvida para auxiliar os operadores a recompor o sistema elétrico durante uma ocorrência de blecaute. O trabalho formaliza a representação de planos de recomposição e mostra como o sistema desenvolvido é capaz de auxiliar o operador durante a recomposição da rede elétrica, permitindo auditoria de cada passo executado. A ferramenta requer a entrada de planos de recomposição estruturados em linguagem de baixo nível, baseada em *Extensible Markup Language* (XML). A principal limitação da ferramenta é o alto esforço de manutenção dos planos de recomposição estruturados, o que inviabiliza sua aplicação prática em contextos reais.

Em resumo, os trabalhos revisados estão voltados à geração automática de planos de recomposição, com propósitos de treinamento ou de auxílio na operação do sistema em tempo real. Nenhum dos trabalhos estudados se propõe a resolver o problema descrito no início desta seção, isto é, gerar manobras de recomposição, contendo apenas passos atômicos, a partir de planos de recomposição pré-existentes.

Capítulo 4

Geração de Manobras de Recomposição do Sistema Elétrico

4.1 Requisitos da Solução

O problema de negócio alvo deste trabalho, discutido no Capítulo 1, pode causar prejuízo à CHESF e à sociedade em consequência dos erros (i) no processo manual de geração dos planos de recomposição e (ii) na interpretação, em tempo real, das instruções e pré-condições contidas nesses planos. Uma das formas de resolver o problema é automatizar parte do processo vigente na companhia, de forma a auxiliar a execução da manobra de recomposição do sistema elétrico.

A solução ideal para o problema deve seguir alguns requisitos essenciais, levantados com o auxílio dos profissionais da companhia e do conhecimento adquirido na revisão bibliográfica dos trabalhos relacionados à recomposição do sistema elétrico [5]-[6]-[7]-[8]-[9] e geração de manobras [1]-[2]-[10]-[11]. São eles:

1. A solução deve utilizar planos de recomposição pré-existentes – elaborados por especialistas – como diretriz para a manobra.
2. Os planos de recomposição devem ser escritos em linguagem facilmente compreensível pelo especialista, demandando pouco esforço para treinamento desta atividade.
3. A solução deve exigir pouco ou nenhum esforço de manutenção para adequar-se às alterações na topologia da rede e nos planos de recomposição.

4. A solução não deve operar qualquer comando diretamente na rede elétrica (remotamente), apenas auxiliar o operador durante a execução da manobra.
5. Todas as informações sobre a rede elétrica necessárias no processo devem ser extraídas do SCADA da companhia.
6. A solução deve ser aplicável a todas as subestações do sistema elétrico supervisionadas pelo SCADA.

Quase todas as soluções estudadas no Capítulo 3 não atendem ao requisito 1, pois são destinadas a gerar novos planos de recomposição para situações de contingência. A única exceção fica por conta da ferramenta Smart Action, apresentada por Figueiredo *et. al.* [9]. O trabalho satisfaz os requisitos 1, 4, 5 e 6, porém viola os requisitos 2 e 3, visto que utiliza uma linguagem de baixo nível na estruturação dos planos de recomposição, o que dificulta a escrita de novos planos e a manutenção dos planos existentes.

4.2 Visão Geral da Técnica Proposta

A técnica elaborada neste trabalho visa a minimizar erros na geração, interpretação e execução das IOs de Recomposição de Subestações, caracterizadas como principais causas dos problemas citados na Seção 1.2. A solução se fundamenta na geração e execução semi-automática de manobras de recomposição. A Figura 4.1 exibe a visão geral da técnica.



Figura 4.1: Visão geral da solução proposta.

As três etapas que compõem a solução podem ser descritas, em linhas gerais, como segue:

1. **Estruturação:** engenheiros especialistas no planejamento de manobras de recomposição da CHESF estruturam os planos de recomposição (IOs) em uma linguagem especial, construída para este propósito. A linguagem permite a escrita de instruções de alto nível, do tipo “Energizar equipamento”, “Abrir/Fechar todos os disjuntores da subestação” etc. Pré-condições também devem ser incluídas na estruturação, utilizando a mesma linguagem.
2. **Tradução:** os planos estruturados na etapa 1 são traduzidos em manobras de recomposição de acordo com o estado atual da rede, o qual é obtido do SAGE. Tais manobras são distinguidas pela estrutura simplificada, composta apenas por instruções atômicas do tipo “Abrir/Fechar disjuntor”, “Colocar chave na posição X” etc. A tradução dos planos estruturados é feita através de uma técnica de geração automática de manobras disponível na literatura.
3. **Execução:** os operadores do sistema executam as manobras de recomposição. Os passos da manobra são auditáveis em tempo real, isto é, a própria solução se encarrega de verificar se (i) as instruções já foram executadas; (ii) as pré-condições da instrução já foram atendidas. Dessa forma, o fluxo de execução da manobra é guiado pelo computador, o que diminui a responsabilidade do executor.

Todos os requisitos de uma solução ideal para o problema são satisfeitos nessa abordagem:

1. Os planos de recomposição pré-existentes podem ser estruturados e posteriormente executados seguindo o procedimento descrito anteriormente. Uma completa demonstração de adequação de uma IO de reenergização existente na CHESF à solução está disponível na Seção 4.6.
2. Os planos de recomposição são escritos em linguagem de alto nível, com instruções compreensíveis pelo especialista e pelo operador. A linguagem em questão é discutida na Seção 4.3.

3. Alterações na topologia da rede ou nos planos de recomposição são transparentes à técnica de tradução escolhida no trabalho, a qual será detalhada na Seção 4.4. Não há esforço de manutenção envolvendo essa atividade.
4. A execução das manobras é realizada exclusivamente pelos operadores, sendo responsabilidade da solução apenas fornecer mecanismos de controle do fluxo de execução da manobra. Tais mecanismos são listados e analisados na Seção 4.5.
5. O estado e a estrutura topológica da rede elétrica, dados importantes para o passo de Tradução, são obtidos diretamente do SAGE.
6. A técnica se aplica a qualquer subestação da rede, independente do arranjo topológico. Essa característica é a grande inovação da técnica de geração de manobras usada no passo de Tradução. Mais detalhes são fornecidos na Seção 4.4.

Espera-se que a adoção do processo sugerido seja capaz de diminuir a ocorrência de erros durante a recomposição das subestações por: (i) simplificar a linguagem e estrutura das IOs utilizadas atualmente e (ii) através de auditoria automática, poupar o operador de realizar diversas análises complexas durante a operação em tempo real.

Do ponto de vista dos sistemas elétricos de potência, este trabalho envolve a automatização de tarefas das etapas de Planejamento e Operação da recomposição do sistema, descritas nas Seções 2.5 e 2.6, respectivamente. A solução poderá ser aplicada a qualquer companhia elétrica que utilize o SAGE como SCADA/EMS.

4.3 Estruturação dos Planos de Recomposição

Conforme destacado no Capítulo 1, as IOs de reenergização de subestações da CHESF são documentos *Word*, escritos em linguagem natural. Por essa razão, não é possível interpretar o conteúdo dos documentos existentes com acurácia perfeita. Como o processo de recomposição não admite imprecisões, torna-se necessário que estes documentos sejam escritos em uma **linguagem estruturada**, que permita:

1. Expressar todas as instruções e pré-condições tradicionalmente contidas em um plano de recomposição.

2. Fácil entendimento do especialista responsável pela estruturação do plano.
3. Tradução das expressões em manobras atômicas, de baixo nível.

Uma IO escrita em linguagem estruturada é, portanto, um **plano de recomposição estruturado**. Um plano de recomposição estruturado é utilizado como entrada da solução proposta neste trabalho.

A Figura 4.2 exibe o esqueleto dos planos de recomposição estruturados. Cada plano está associado a uma subestação da rede e pode ser visto como um conjunto de procedimentos de recomposição a executar em uma determinada situação de contingência. O plano descreve o algoritmo para atingir um objetivo específico de restauração (parcial ou total) da rede, o qual é descrito no título do documento.

Um procedimento de recomposição é um conjunto de instruções de alto nível que representa uma certa fase do algoritmo (e. g. “preparação” e “reenergização” são fases distintas do processo). As instruções de alto nível que compõem o procedimento, por sua vez, representam passos, possivelmente não atômicos, necessários para atingir o objetivo de recomposição. Cada instrução de alto nível descreve uma manobra sobre um ou mais equipamentos da rede.

Por fim, instruções de alto nível podem conter zero ou mais pré-condições. Uma pré-condição deve ser analisada em tempo real, a fim de decidir se o operador deve prosseguir com a execução da instrução. Instruções sequenciais podem ser agrupadas dentro de um procedimento, de forma que todo o grupo compartilhe as mesmas pré-condições.

4.3.1 Linguagem de Estruturação

Para estruturar planos de recomposição adequadamente, foi criada uma linguagem de estruturação de IOs denominada RPSL (*Restoration Plan Structuring Language*). Documentos escritos em RPSL podem ser igualmente interpretados pelos especialistas e por uma ferramenta de tradução de manobras, conforme será visto adiante.

A linguagem RPSL é baseada em *templates*. Cada instrução ou pré-condição definida na linguagem está associada a um texto parametrizado (*template*), escrito em linguagem natural. Os parâmetros do texto devem ser obrigatoriamente definidos na escrita dos planos estruturados. O tipo de cada parâmetro pode variar de instrução para instrução (ou pré-

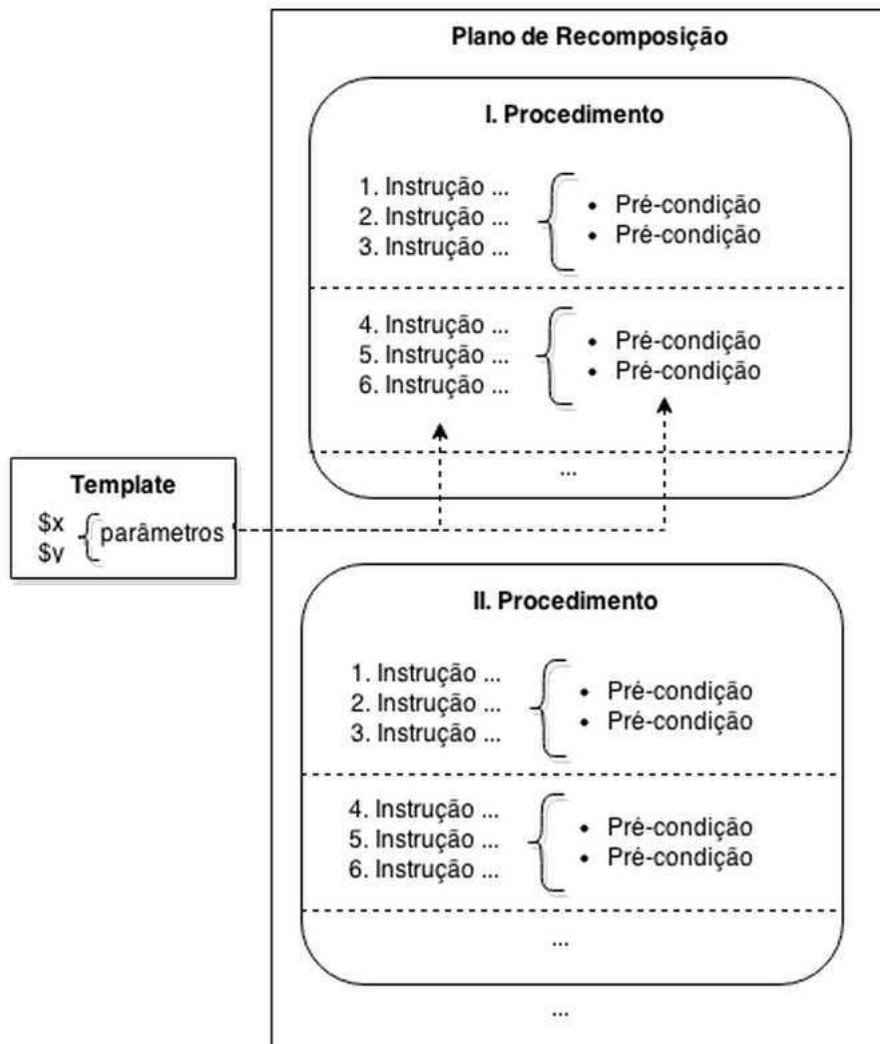


Figura 4.2: Esqueleto de um plano de recomposição estruturado.

condição para pré-condição). Entre os mais comuns estão: subestações, níveis de tensão de uma subestação, equipamentos – referenciados pelos códigos operacionais – e grandezas elétricas.

A partir dos parâmetros, o *template* é transformado e exibido em linguagem natural aos especialistas responsáveis pela estruturação dos documentos. Dessa forma, o plano de recomposição estruturado é facilmente compreensível quando lido por um especialista na área. Além disso, instruções e parâmetros são interpretados em conjunto pela máquina durante a tradução das instruções de alto nível em comandos de baixo nível; analogamente, pré-condições e parâmetros são interpretados pelo motor de auditoria do sistema elétrico para verificar se e quando uma instrução deve ser executada.

Para exemplificar, consideremos a instrução de alto nível da Tabela 4.1. A instrução em questão é a mais comum em um plano de recomposição estruturado.

Instrução	Template	Parâmetros	Objetivo
energize _s	Energizar \$s\$.	s : sequência não-vazia de equipamentos.	Energizar os s equipamentos fornecidos como parâmetro, na sequência indicada.

Tabela 4.1: Exemplo de instrução estruturada da linguagem RPSL.

Sejam 02J1-YYY, 02J2-YYY e 02J3-YYY linhas de concessionária escolhidas como parâmetro por um especialista na estruturação de um plano qualquer. O especialista verá apenas o texto em linguagem natural “Energizar 02J1-YYY, 02J2-YYY e 02J3-YYY.”, transformado a partir do *template* e do parâmetro *s*. Posteriormente, o mecanismo de tradução saberá interpretar a instrução estruturada `energizes`, gerando a manobra de energização equivalente sobre a sequência de equipamentos *s*. Detalhes sobre a tradução das instruções são fornecidos na Seção 4.4.

As Tabelas 4.2 e 4.3 exibem, respectivamente, os vocabulários completos de instruções e pré-condições da linguagem. Cada linha da tabela representa uma instrução ou pré-condição,

incluindo o texto do *template*, a manobra ou verificação correspondente e detalhes dos parâmetros. Ambos os vocabulários foram definidos através da análise das IOs de recomposição que se encontram em operação na CHESF, para se certificar de que todos os recursos linguísticos utilizados atualmente fossem cobertos pela técnica. Ao todo, a linguagem contempla 25 tipos de instrução de alto nível e 40 tipos de pré-condição.

Instrução	Template	Parâmetros	Objetivo
energize _s	Energizar \$s.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Energizar os s equipamentos fornecidos como parâmetro, na sequência indicada.
energize_via _{s,e}	Energizar \$s via \$e.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. • e : equipamento fonte de energia. 	Energizar os s equipamentos fornecidos como parâmetro, na sequência indicada, usando e como fonte de energia.
energize_primary _t	Energizar primário do \$t.	<ul style="list-style-type: none"> • t : equipamento do tipo 'transformador'. 	Energizar o enrolamento primário do transformador t .
energize_secondary _t	Energizar secundário do \$t.	<ul style="list-style-type: none"> • t : equipamento do tipo 'transformador'. 	Energizar o enrolamento secundário do transformador t .
energize_tertiary _t	Energizar terciário do \$t.	<ul style="list-style-type: none"> • t : equipamento do tipo 'transformador'. 	Energizar o enrolamento terciário do transformador t .
energize_loads _c	Energizar cargas de \$c.	<ul style="list-style-type: none"> • c : subestação ou nível de tensão de uma subestação. 	Energizar todas as cargas do nível de tensão ou subestação c .
release _s	Liberar \$s.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Desenergizar, isolar e aterrar os s equipamentos, na sequência indicada.
restore _s	Normalizar \$s.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Desaterrar e reenergizar os s equipamentos, na sequência indicada.
transfer_between_bu sbars _s	Transferir \$s entre barras.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Transferir os s equipamentos para a barra alternativa à barra conectada, na sequência indicada.
isolate _s	Isolar \$s.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Isolar os s equipamentos fornecidos como parâmetro, na sequência indicada.
isolate_breakers _c	Isolar disjuntores de \$c.	<ul style="list-style-type: none"> • c : subestação ou nível de tensão de uma subestação. 	Isolar todos os disjuntores da subestação ou nível de tensão c .
isolate_blocked_bre akers _c	Isolar disjuntores bloqueados de \$c.	<ul style="list-style-type: none"> • c : subestação ou nível de tensão de 	Isolar todos os disjuntores bloqueados (i. e. impedidos de

		uma subestação.	funcionar pela operação) da subestação ou nível de tensão c .
connect _s	Conectar \$s .	<ul style="list-style-type: none"> s : sequência não-vazia de equipamentos de regulação. 	Conectar todos os s equipamentos de regulação à rede, sem energizá-los.
open _s	Abrir \$s .	<ul style="list-style-type: none"> s : sequência não-vazia de equipamentos de seccionamento. 	Abrir a sequência de equipamentos de seccionamento s , na ordem indicada.
open_all_breakers _c	Abrir todos os disjuntores de \$c .	<ul style="list-style-type: none"> c : subestação ou nível de tensão de uma subestação. 	Abrir todos os disjuntores da subestação ou nível de tensão c .
open_all_breakers_except _{c,s}	Abrir todos os disjuntores de \$c , exceto \$s .	<ul style="list-style-type: none"> c : subestação ou nível de tensão de uma subestação. s : sequência não-vazia de equipamentos de seccionamento. 	Abrir todos os disjuntores da subestação ou nível de tensão c , com exceção de s .
confirm_opened _s	Confirmar aberto \$s .	<ul style="list-style-type: none"> s : sequência não-vazia de equipamentos de seccionamento. 	Confirmar aberta a sequência de equipamentos de seccionamento s , na ordem indicada.
confirm_opened_all_breakers _c	Confirmar abertos todos os disjuntores de \$c .	<ul style="list-style-type: none"> c : subestação ou nível de tensão de uma subestação. 	Confirmar abertos todos os disjuntores da subestação ou nível de tensão c .
confirm_opened_all_breakers_except _{c,s}	Confirmar abertos todos os disjuntores de \$c , exceto \$s .	<ul style="list-style-type: none"> c : subestação ou nível de tensão de uma subestação. s : sequência não-vazia de equipamentos de seccionamento. 	Confirmar abertos todos os disjuntores da subestação ou nível de tensão c , com exceção de s .
close _s	Fechar \$s .	<ul style="list-style-type: none"> s : sequência não-vazia de equipamentos de seccionamento. 	Fechar a sequência de equipamentos de seccionamento s , na ordem indicada.
close_all_breakers _c	Fechar todos os disjuntores de \$c .	<ul style="list-style-type: none"> c : subestação ou nível de tensão de uma subestação. 	Fechar todos os disjuntores da subestação ou nível de tensão c .

<code>close_all_breakers_except_{c,s}</code>	Fechar todos os disjuntores de $\$c$, exceto $\$s$.	<ul style="list-style-type: none"> • c : subestação ou nível de tensão de uma subestação. • s : sequência não-vazia de equipamentos de seccionamento. 	Fechar todos os disjuntores da subestação ou nível de tensão c , com exceção de s .
<code>confirm_closed_s</code>	Confirmar fechado $\$s$.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos de seccionamento. 	Confirmar fechada a sequência de equipamentos de seccionamento s , na ordem indicada.
<code>confirm_closed_all_breakers_c</code>	Confirmar fechados todos os disjuntores de $\$c$.	<ul style="list-style-type: none"> • c : subestação ou nível de tensão de uma subestação. 	Confirmar fechados todos os disjuntores da subestação ou nível de tensão c .
<code>confirm_closed_all_breakers_except_{c,s}</code>	Confirmar fechados todos os disjuntores de $\$c$, exceto $\$s$.	<ul style="list-style-type: none"> • c : subestação ou nível de tensão de uma subestação. • s : sequência não-vazia de equipamentos de seccionamento. 	Confirmar fechados todos os disjuntores da subestação ou nível de tensão c , com exceção de s .

Tabela 4.2: Vocabulário completo de instruções da linguagem RPSL.

Pré-condição	Template	Parâmetros	Objetivo
if_available _s	Se \$s estiver disponível.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Verificar se todos os equipamentos da sequência s estão disponíveis para operação.
if_energized _s	Se \$s estiver energizado.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Verificar se todos os equipamentos da sequência s estão energizados.
if_there_is_voltage _s	Se houver tensão em \$s.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Verificar se há tensão em todos os equipamentos da sequência s.
if_there_is_flow _s	Se houver fluxo em \$s.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Verificar se há fluxo de carga em todos os equipamentos da sequência s.
if_deenergized _s	Se \$s estiver desenergizado.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Verificar se todos os equipamentos da sequência s estão desenergizados.
if_not_available _s	Se \$s estiver indisponível.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Verificar se todos os equipamentos da sequência s estão indisponíveis.
if_voltage_regulated _s	Se tensão \$s estiver regulada.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Verificar se os níveis de tensão de todos os equipamentos da sequência s estão regulados.
when_there_is_voltage _e	Quando houver tensão em \$e.	<ul style="list-style-type: none"> • s : sequência não-vazia de equipamentos. 	Verificar se há tensão no equipamento e. Caso não exista, aguardar até que a condição seja verdadeira.
when_there_is_load _e	Quando houver carregamento em \$e.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. 	Verificar se há carregamento no equipamento e. Caso não exista, aguardar até que a condição seja verdadeira.
tap_position _{t,v}	Tape de \$t na posição \$v.	<ul style="list-style-type: none"> • t : equipamento do tipo 'transformador'. • v : posição do tape do transformador. 	Verificar se a chave seletora do tape do transformador t se encontra na posição v.
tap_between _{t,v1,v2}	Tape de \$t na faixa de \$v1 a \$v2.	<ul style="list-style-type: none"> • t : equipamento do tipo 'transformador'. • v1, v2 : posições do tape do transformador. 	Verificar se a chave seletora do tape do transformador t se encontra na faixa de v1 a v2.
tap_equated _{t1,t2}	Tape de \$t1 equiparado ao	<ul style="list-style-type: none"> • t1, t2 : equipamentos 	Verificar se os tapes dos

	tape de \$t2.	do tipo 'transformador'.	transformadores t1 e t2 estão equiparados.
voltage_between _{e,v1,v2}	Tensão de \$e entre \$v1 e \$v2.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v1, v2 : níveis de tensão (em quilovolt). 	Verificar se o nível de tensão do equipamento e está entre v1 e v2.
voltage_greater _{e,v}	Tensão de \$e maior que \$v.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : nível de tensão (em quilovolt). 	Verificar se o nível de tensão atual do equipamento e é maior do que v.
voltage_greater_or_equals _{e,v}	Tensão de \$e maior ou igual a \$v.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : nível de tensão (em quilovolt). 	Verificar se o nível de tensão atual do equipamento e é maior ou igual a v.
voltage_lower _{e,v}	Tensão de \$e menor que \$v.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : nível de tensão (em quilovolt). 	Verificar se o nível de tensão atual do equipamento e é menor do que v.
voltage_lower_or_equals _{e,v}	Tensão de \$e menor ou igual a \$v.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : nível de tensão (em quilovolt). 	Verificar se o nível de tensão atual do equipamento e é menor ou igual a v.
busbar_voltage_between _{e,v1,v2}	Tensão na barra conectada a \$e entre \$v1 e \$v2.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v1, v2 : níveis de tensão (em quilovolt). 	Verificar se o nível de tensão da barra conectada ao equipamento e está entre v1 e v2.
busbar_voltage_greater _{e,v}	Tensão na barra conectada a \$e maior que \$v.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : nível de tensão (em quilovolt). 	Verificar se o nível de tensão atual da barra conectada ao equipamento e é maior do que v.
busbar_voltage_greater_or_equals _{e,v}	Tensão na barra conectada a \$e maior ou igual a \$v.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : nível de tensão (em quilovolt). 	Verificar se o nível de tensão atual da barra conectada ao equipamento e é maior ou igual a v.
busbar_voltage_lower _{e,v}	Tensão na barra conectada a \$e menor que \$v.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : nível de tensão (em quilovolt). 	Verificar se o nível de tensão atual da barra conectada ao equipamento e é menor do que v.
busbar_voltage_lower_or_equals _{e,v}	Tensão na barra conectada a \$e menor ou igual a \$v.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. 	Verificar se o nível de tensão atual da barra conectada ao

		<ul style="list-style-type: none"> • v : nível de tensão (em quilovolt). 	equipamento e é menor ou igual a v .
loading_between _{e,v1,v2}	Carregamento de Se entre $Sv1$ e $Sv2$.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • $v1, v2$: valores de potência aparente (em megavolt ampere). 	Verificar se o carregamento do equipamento e está entre $v1$ e $v2$.
loading_greater _{e,v}	Carregamento de Se maior que Sv .	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : valor de potência aparente (em megavolt ampere). 	Verificar se o carregamento atual do equipamento e é maior do que v .
loading_greater_or_equals _{e,v}	Carregamento de Se maior ou igual a Sv .	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : valor de potência aparente (em megavolt ampere). 	Verificar se o carregamento atual do equipamento e é maior ou igual a v .
loading_lower _{e,v}	Carregamento de Se menor que Sv .	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : valor de potência aparente (em megavolt ampere). 	Verificar se o carregamento atual do equipamento e é menor do que v .
loading_lower_or_equals _{e,v}	Carregamento de Se menor ou igual a Sv .	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : valor de potência aparente (em megavolt ampere). 	Verificar se o carregamento atual do equipamento e é menor ou igual a v .
power_between _{e,v1,v2}	Potência de Se entre $Sv1$ e $Sv2$.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • $v1, v2$: valores de potência (em megawatt). 	Verificar se a potência do equipamento e está entre $v1$ e $v2$.
power_greater _{e,v}	Potência de Se maior que Sv .	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : valor de potência (em megawatt). 	Verificar se a potência atual do equipamento e é maior do que v .
power_greater_or_equals _{e,v}	Potência de Se maior ou igual a Sv .	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : valor de potência (em megawatt). 	Verificar se a potência atual do equipamento e é maior ou igual a v .
power_lower _{e,v}	Potência de Se menor que Sv .	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. 	Verificar se a potência atual do equipamento e é menor do que v .

		<ul style="list-style-type: none"> • v : valor de potência (em megawatt). 	
<code>power_lower_or_equals_{e,v}</code>	Potência de Se menor ou igual a Sv .	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : valor de potência (em megawatt). 	Verificar se a potência atual do equipamento e é menor ou igual a v .
<code>flow_between_{e,v1,v2}</code>	Fluxo em Se entre $Sv1$ e $Sv2$.	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • $v1, v2$: valores de potência (em megawatt). 	Verificar se o fluxo de potência no equipamento e está entre $v1$ e $v2$.
<code>flow_greater_{e,v}</code>	Fluxo em Se maior que Sv .	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : valor de potência (em megawatt). 	Verificar se o fluxo de potência atual no equipamento e é maior do que v .
<code>flow_greater_or_equals_{e,v}</code>	Fluxo em Se maior ou igual a Sv .	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : valor de potência (em megawatt). 	Verificar se o fluxo de potência atual no equipamento e é maior ou igual a v .
<code>flow_lower_{e,v}</code>	Fluxo em Se menor que Sv .	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : valor de potência (em megawatt). 	Verificar se o fluxo de potência atual no equipamento e é menor do que v .
<code>flow_lower_or_equals_{e,v}</code>	Fluxo em Se menor ou igual a Sv .	<ul style="list-style-type: none"> • e : um equipamento qualquer da rede. • v : valor de potência (em megawatt). 	Verificar se o fluxo de potência atual no equipamento e é menor ou igual a v .
<code>connected_equipment_{e1,e2}</code>	Se $Se1$ e $Se2$ conectados.	<ul style="list-style-type: none"> • $e1, e2$: equipamentos quaisquer da rede. 	Verificar se os equipamentos $e1$ e $e2$ estão conectados na topologia (i. e. verificar se existe um caminho fechado entre $e1$ e $e2$).
<code>operating_transmission_lines_{n,f,t,o}</code>	Se Sn LT(s) Sf/St em operação em em So .	<ul style="list-style-type: none"> • n : um número natural. • f, t, o : subestações da rede. 	Verificar se existem pelo menos n LT's sentido f a t ativas no terminal o .
<code>operating_power_transformers_{n,o}</code>	Se Sn ATRs em operação em So .	<ul style="list-style-type: none"> • n : um número natural. • o : uma subestação da rede. 	Verificar se existem pelo menos n autotrafos ativos em o .

Tabela 4.3: Vocabulário completo de pré-condições da linguagem RPSL.

4.3.2 Novo Paradigma de Escrita dos Planos de Recomposição

A estruturação das IOs resulta em um novo paradigma de escrita de planos de recomposição. De modo geral, as mudanças impostas pelo novo paradigma propõem-se a simplificar e facilitar o processo de interpretação dos planos de recomposição por parte dos operadores

e de sistemas computacionais. Entre as principais diferenças na escrita dos planos não-estruturados – escritos em linguagem natural – para os planos estruturados – escritos em RPSL –, destacam-se:

- **Escrita padronizada e unívoca:** ao contrário das IOs escritas em linguagem natural, os planos estruturados escritos em RPSL só contêm pré-condições e instruções pré-definidas, descritas de forma única através dos *templates*. Por essa razão, interpretações ambíguas de uma mesma instrução ou pré-condição tornam-se pouco prováveis no novo padrão.

ITEM	SEQÜÊNCIA DE FECHAMENTO	CONDIÇÕES PARA FECHAMENTO
1	14S3 (a).	- Quando chegar tensão.
	(a) Na indisponibilidade da LT 04S3-MSI/RLD, quando chegar tensão, fechar o 14S4 e prosseguir considerando a nova configuração.	

Figura 4.3: Trecho da IO de recomposição IO-RLD.01.

- **Instruções de controle sobre o fluxo de execução separadas das instruções de alto nível:** nas IOs existentes, o fluxo de execução da manobra pode estar misturado com a descrição da ação a ser realizada pelo operador. O trecho do documento IO-RLD.01 (Figura 4.3), por exemplo, indica múltiplos caminhos a seguir em uma única instrução, através do condicional (a). Nos planos estruturados, por sua vez, o fluxo de execução é controlado exclusivamente por pré-condições. Para expressar o mesmo desvio condicional do documento original em RPSL, utiliza-se múltiplas instruções com pré-condições mutuamente excludentes. A Tabela 4.4 exhibe a versão estruturada equivalente à passagem ilustrada na Figura 4.3. As pré-condições que caracterizam a exclusão mútua encontram-se sublinhadas. Apenas uma das duas instruções será exibida ao operador na fase de Execução da manobra.

Instruções	Pré-condições
Energizar 04S3-RLD.	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Se 04S3-RLD estiver disponível.</u> • Quando houver tensão em 04S3-RLD.
Energizar 04S4-RLD.	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Se 04S3-RLD estiver indisponível.</u> • <u>Se 04S4-RLD estiver disponível.</u> • Quando houver tensão em 04S3-RLD.

Tabela 4.4: Trecho da IO de recomposição IO-RLD.01 escrito em RPSL sem instruções de controle.

- **Pré-condições descritas atômicamente:** nas IOs, uma mesma pré-condição pode indicar múltiplas verificações a realizar antes de executar a ação. É o caso do trecho da IO-RLD.01 exibido na Figura 4.3, no qual duas condições (indisponibilidade da LT 04S3-MSI/RLD e tensão na LT 04S4-MSI/RLD) são descritas em uma única sentença. Em RPSL, cada pré-condição descreve apenas uma verificação a realizar, como pode ser visto na Tabela 4.5. A divisão em múltiplas pré-condições facilita a escrita e entendimento dos procedimentos descritos, além de simplificar a verificação a ser realizada no SAGE.

Instruções	Pré-condições
Energizar 04S3-RLD.	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Se 04S3-RLD estiver disponível.</u> • <u>Quando houver tensão em 04S3-RLD.</u>
Energizar 04S4-RLD.	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Se 04S3-RLD estiver indisponível.</u> • <u>Se 04S4-RLD estiver disponível.</u> • <u>Quando houver tensão em 04S3-RLD.</u>

Tabela 4.5: Trecho da IO de recomposição IO-RLD.01 escrito em RPSL com pré-condições descritas atômicamente.

- **Abstração das instruções de baixo nível:** em RPSL, comandos de baixo nível são abstraídos na escrita e gerados automaticamente pela solução durante a fase de tradução. Não é necessário descrever minúcias das manobras, como acontece na IO-RCD.01 (Figura 4.4). Na estruturação, basta utilizar a instrução ilustrada na Tabela 4.6. Todo o procedimento (a) é conhecido pelo tradutor de manobras. Se a chave 35L9-8 estiver aberta, a manobra apropriada será gerada na tradução incluindo os comandos de seccionamento descritos no texto original. Vale observar que comandos de

baixo nível podem ser utilizados ainda em RPSL se requerido por alguma particularidade do arranjo de barramento ao qual a manobra é aplicada. É o caso dos arranjos de barramento do tipo “disjuntor e meio”, nos quais ocasionalmente é necessário fechar o disjuntor central antes de se energizar uma linha ou trafo.

ITEM	SEQÜÊNCIA DE FECHAMENTO	CONDIÇÕES PARA FECHAMENTO	HORA
13	15L9 (b)	- Autorização do CROL (Tabela III, item 1). - Quando chegar tensão pela LT 05L9; - chave 35L9-8 fechada (a)	
	(a) Caso a chave 35L9-8 esteja aberta, após autorização do CROL: • Abrir os disjuntores 15D2 e 15L9; • Fechar a chave 35L9-8; • Fechar o 15L9 e prosseguir considerando a nova configuração.		

Figura 4.4: Trecho da IO de recomposição IO-RCD.01.

Instruções	Pré-condições
Energizar 05L9-RCD.	• Quando houver tensão em 05L9-RCD.

Tabela 4.6: Trecho da IO de recomposição IO-RCD.01 escrito em RPSL com instruções de baixo nível abstraídas.

- **Definição clara dos componentes da manobra:** ao contrário do que acontece em algumas IOs, em RPSL todos os componentes das instruções de manobra devem ser definidos claramente no preenchimento dos parâmetros dos *templates*. Por exemplo, na execução da passagem da manobra IO-BGI.01, ilustrada na Figura 4.5, o operador deve analisar em tempo real qual o “trafo disponível” antes de energizá-lo. Em RPSL, como pode ser observado na Tabela 4.7, o trafo a energizar é definido previamente. Se existirem condições a observar em tempo real na escolha do trafo, estas devem ser expressas utilizando pré-condições.

ITEM	SEQÜÊNCIA DE FECHAMENTO	CONDIÇÕES PARA FECHAMENTO	HORA
2	14T6 e 14T7 (a)	- Tape 04T6 / 04T7 na faixa 6R a 12R.	
	11T5, 11T6 e 11T7	-	
	(a) Na indisponibilidade do 04T6 ou 04T7, energizar o trafo disponível com suas respectivas cargas e prosseguir considerando a nova configuração.		

Figura 4.5: Trecho da IO de recomposição IO-BGI.01.

Instruções	Pré-condições
Energizar primário do 04T6-BGI.	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04T6-BGI estiver disponível. • Tape de 04T6-BGI na faixa de 6R a 12R.
Energizar primário do 04T7-BGI.	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04T7-BGI estiver disponível. • Tape de 04T7-BGI na faixa de 6R a 12R.
Energizar secundário do 04T5-BGI.	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04T5-BGI estiver disponível.
Energizar secundário do 04T6-BGI.	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04T6-BGI estiver disponível.
Energizar secundário do 04T7-BGI.	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04T7-BGI estiver disponível.

Tabela 4.7: Trecho da IO de recomposição IO-BGI.01 escrito em RPSL com todos os componentes de manobra definidos previamente.

4.4 Tradução dos Planos de Recomposição em Manobras

De posse de um plano de recomposição para uma determinada subestação, é possível, dada uma configuração topológica e um estado qualquer da rede elétrica (*snapshot*), converter as instruções estruturadas de alto nível em instruções de baixo nível. Por instrução de baixo nível entende-se uma instrução atômica de manobra, realizada em um único passo. As principais classes de operação de baixo nível são:

- **Seccionamento:** abertura/fechamento de chaves de seccionamento e disjuntores. A manipulação das chaves pode ser realizada de forma automática através do terminal do operador nas salas de operação ou diretamente no campo.
- **Aterramento:** abertura/fechamento de chaves de aterramento. A manipulação das chaves terra é feita diretamente no campo.

- **Transferência da proteção:** posicionamento da chave de seleção da proteção dos disjuntores.
- **Ajuste de tape:** posicionamento da chave de seleção do tape dos transformadores.

A Figura 4.6 ilustra o esquema de tradução dos planos de recomposição adotado neste trabalho. A tradução para instruções de baixo nível consiste, conceitualmente, na geração dos comandos necessários para realizar a manobra solicitada no texto da instrução de alto nível equivalente (liberar, isolar, energizar etc.), usando um *snapshot* da rede e os parâmetros estabelecidos no plano de recomposição. Todas as instruções de alto nível, mesmo que não venham a ser executadas, deverão ser traduzidas em comandos de baixo nível, pois a decisão de realizar ou não cada instrução só pode ser tomada em tempo real, observando as pré-condições.

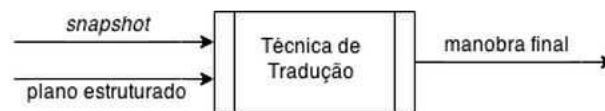


Figura 4.6: Esquema de tradução dos planos de recomposição.

4.4.1 Escolha e Evolução da Técnica de Tradução

A escolha da técnica de tradução considerou os requisitos fundamentais para uma solução ideal do problema da **geração automática de manobras**, enumerados por Crispim em seu trabalho [10]. São eles:

1. As informações necessárias para geração de manobras (e. g. configuração topológica e estado dos equipamentos) usadas pela solução devem retratar o estado atual da rede elétrica.
2. A segurança do sistema elétrico, bem como do pessoal envolvido na execução da manobra, deve ser assegurada pela solução por meio da avaliação de regras de intertravamento elegíveis a qualquer subestação do sistema elétrico.
3. A solução deve ser aplicável a quaisquer tipos de configurações topológicas das subestações do sistema elétrico.

4. A solução deve demandar pouco ou nenhum esforço com configuração manual.
5. A solução deve ser escalável, ou seja, capaz de gerar manobras em no máximo 5 segundos, mesmo para subestações com milhares de equipamentos.
6. A solução não deve gerar manobras erradas, ou seja, deve ser capaz de informar caso não seja possível gerar uma manobra correta do ponto de vista elétrico, devido à limitações nos algoritmos ou por problemas na modelagem topológica.

Os algoritmos de geração de manobras de baixo nível utilizados neste trabalho são provenientes da técnica apresentada por Crispim [10]-[11]. A técnica é capaz de gerar manobras para quaisquer equipamentos da rede, sendo caracterizada por (i) utilizar informações em tempo real sobre a rede elétrica, advinda do sistema SCADA/EMS; (ii) usar algoritmos escaláveis e independentes do arranjo topológico das subestações; (iii) inferir regras de intertravamento através de princípios elétricos aplicados à topologia; e (iv) exigir configuração manual mínima.

Crispim comparou a técnica de seu trabalho com soluções baseadas em sistemas especialistas e mostrou, através de uma comparação crítica, que sua abordagem é a única que satisfaz os principais requisitos de uma solução ideal (requisitos 1-5 listados anteriormente). Os trabalhos de Dhakal [1] e Brand [18] apresentam princípios semelhantes, embora possuam propósitos diferentes ou não possuam implementação real. Apesar das vantagens, a técnica de Crispim possui limitações que merecem destaque, listadas como segue:

1. A técnica não notifica as situações nas quais não é possível gerar manobras automáticas (não atende o Requisito 6).
2. A técnica gera apenas comandos de seccionamento e aterramento, deixando de lado outras instruções importantes, a exemplo das operações de transferência da proteção dos disjuntores.
3. A técnica é capaz de gerar manobras apenas para situações normais da topologia, típicas do setor de pré-operação. A quantidade de classes de manobras geradas relacionadas à operação em tempo real é bastante limitada.
4. A técnica não gera manobras para múltiplos equipamentos.

5. A geração de manobras é sensível a erros topológicos, ou seja, manobras erradas podem ser geradas se houver falha na modelagem da topologia.

As limitações 1-3 são consideradas impeditivas para a adoção da técnica no contexto de uma empresa de Geração e Transmissão de Energia Elétrica real. Dessa forma, as seguintes evoluções foram necessárias a fim de eliminar estas limitações e adequar a técnica aos propósitos deste trabalho:

- **Gerar instruções de transferência da proteção:** os algoritmos foram modificados para gerar instruções de baixo nível do tipo “transferência da proteção”. Essa classe de instrução é fundamental para manter as zonas de proteção do sistema elétrico intactas após reconfiguração da rede e, portanto, devem estar presentes nas manobras geradas pela técnica.
- **Gerar manobras típicas da operação em tempo real:** os algoritmos foram adaptados para cobrir cenários atípicos da rede elétrica, frequentes no setor de operação em tempo real, como a presença de equipamentos não-operacionais¹ nas subestações.
- **Alertar quando houver risco de erro na geração da manobra:** um mecanismo simples de bloqueio foi criado para impedir a geração de manobras em cenários para os quais a técnica não esteja adaptada. Esse mecanismo utiliza padrões configurados para identificar e bloquear manobras em: (i) cenários envolvendo arranjos de barramento obsoletos, não tratados pela técnica e (ii) cenários nos quais a manobra a gerar requer alguma informação que não esteja presente nas fontes de dados disponíveis (SisRTM e SAGE). Tal configuração é feita uma única vez.

Como resultado, uma vez que a técnica escolhida é capaz de gerar manobras estritamente corretas do ponto de vista elétrico, a solução final deste trabalho está apta a gerar manobras de recomposição corretas, dado que planos de recomposição também corretos sejam fornecidos como entrada para o tradutor de manobras.

¹Impedidos de funcionar por motivos técnicos (e. g. defeito ou manutenção preventiva).

4.4.2 Tradução de Instruções de Alto Nível em Comandos de Baixo Nível

Para exemplificar o processamento do tradutor de manobras, consideremos a subestação reduzida XYZ, da Figura 4.7, onde: TL1 é uma linha de transmissão qualquer; B1 é o barramento principal do arranjo; B2 é uma barra de transferência; I1, I2, I3, I4 e I5 são chaves de isolamento; Breaker 1 é o disjuntor da linha; e Breaker 2 é o disjuntor de transferência da subestação.

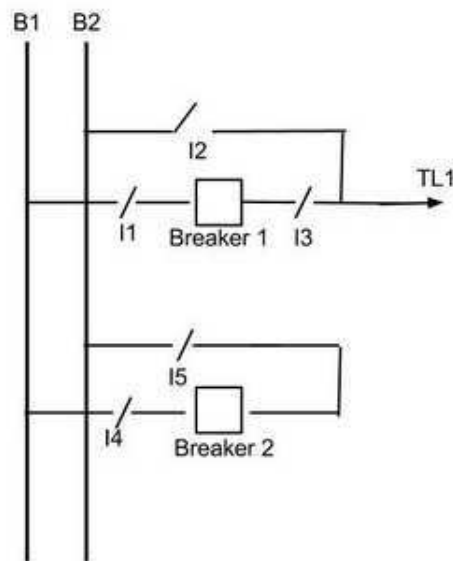


Figura 4.7: Diagrama unifilar representando a subestação reduzida XYZ, com apenas um bay de LT.

O plano de recomposição simplificado da SE XYZ pode ser visto na Tabela 4.8.

Procedimento	Instruções	Pré-condições
I. Preparação	Abrir ou confirmar abertos todos os disjuntores de XYZ.	-
II. Reenergização	Energizar TL1.	<ul style="list-style-type: none"> • Se TL1 estiver disponível. • Quando houver tensão em TL1.

Tabela 4.8: Plano de recomposição estruturado da subestação reduzida XYZ.

As pré-condições não são levadas em consideração na tradução, apenas na execução em tempo real. Sendo assim, a tradução das instruções desse plano estruturado consistirá em

gerar as seguintes manobras disponíveis em RPSL:

1. `confirm_opened_all_breakers XYZ`
2. `energize TL1`

A geração dessas manobras, por sua vez, depende da disponibilidade dos equipamentos no momento da tradução. Para visualizar as diferenças na tradução das manobras de acordo com o estado atual da rede, consideremos dois cenários: (1) subestação em condições normais e (2) subestações com equipamentos indisponíveis.

1. Subestação em condições normais

Em condições normais, todos os equipamentos da subestação estão disponíveis para operação. Dada a ocorrência de um blecaute na subestação, os disjuntores Breaker 1 e Breaker 2 estarão abertos, com suas respectivas chaves de isolamento devidamente fechadas. Nesse cenário, a tradução do plano de recomposição estruturado acontece conforme a Tabela 4.9. O procedimento de reenergização consiste unicamente no fechamento do disjuntor Breaker 1, o que irá restaurar o fluxo através da linha de transmissão TL1 e conseqüentemente normalizar a operação naquela subestação.

Procedimento	Instrução em alto nível	Instruções em baixo nível equivalentes
I. Preparação	Abrir ou confirmar abertos todos os disjuntores de XYZ .	XYZ - Abrir Breaker 1, Breaker 2.
II. Reenergização	Energizar TL1 .	XYZ - Fechar Breaker 1.

Tabela 4.9: Resultado da tradução do plano estruturado da subestação reduzida XYZ em condições normais.

2. Subestação com equipamentos indisponíveis

Durante a preparação da manobra, um ou mais disjuntores podem ser identificados como impedidos de operar. Esses disjuntores não podem ser fechados e estão indisponíveis para a recomposição da subestação. Ao invés de tratar esse caso particular em uma seção extra do plano ou exigir conhecimento em tempo real do operador para lidar com o imprevisto, a técnica de tradução está apta a gerar a manobra correta para este tipo de cenário. A Tabela 4.10 mostra a tradução do plano de recomposição de XYZ caso o disjuntor Breaker 1

esteja impedido. No procedimento de reenergização, é necessário primeiro isolar o disjuntor impedido (abrindo I1 e I3), para em seguida estabelecer o fluxo de corrente através de um caminho alternativo, o qual passa pelo disjuntor de transferência da subestação (fechando I6 e Breaker 2).

Procedimento	Instrução em alto nível	Instruções em baixo nível equivalentes
I. Preparação	Abrir ou confirmar abertos todos os disjuntores de XYZ .	XYZ - Abrir Breaker 1, Breaker 2.
II. Reenergização	Energizar TL1 .	XYZ - Abrir I1, I3. XYZ - Fechar I6. XYZ - Colocar chave de transferência da proteção de Breaker 1 na posição 'Em Transferência'. XYZ - Fechar Breaker 2. XYZ - Colocar chave de transferência da proteção de Breaker 1 na posição 'Transferido'.

Tabela 4.10: Resultado da tradução do plano estruturado da subestação reduzida XYZ com equipamentos indisponíveis.

4.4.3 Estratégia de Tradução

A tradução das manobras pode ser realizada sob duas estratégias distintas: *offline* e *online*.

Na abordagem *offline*, o estado da rede não é alterado durante a geração das instruções (i. e. cada instrução é gerada individualmente considerando o estado inicial da rede, fornecido como entrada). A tradução *offline* é projetada para permitir que os operadores gerem todo o plano de recomposição de antemão, antes de enfrentar a situação de contingência para a qual o plano é proposto. A manobra completa pode ser simulada e analisada pelos elaboradores do plano. Adicionalmente, possíveis erros nos planos de recomposição (e. g. manobra impossível de gerar por desrespeitar alguma regra de intertravamento) são informados imediatamente ao usuário.

Para utilizar a tradução *offline*, o plano estruturado deve obedecer à seguinte regra: uma instrução do plano não deve ter interferência direta nas ações subsequentes. Do contrário, a manobra traduzida estará comprometida. O exemplo mais claro de falha acontece se considerarmos um plano hipotético, onde a instrução 1 comanda o fechamento de um disjuntor e a instrução 2 comanda a abertura desse mesmo disjuntor. Na tradução *offline* desse plano a

técnica irá falhar, pois no momento de traduzir a instrução 2 o estado inicial será considerado – onde o disjuntor já está aberto –, e conseqüentemente uma manobra vazia será gerada.

A abordagem *online*, por sua vez, não apresenta este tipo de limitação, isto é, permite interferência direta entre ações subseqüentes. Nela, o estado da rede é alterado durante a geração de instruções (i. e. cada instrução é gerada considerando o estado da rede após a execução da instrução anterior). Essa estratégia é projetada para uso no momento da contingência, em tempo real. Após executar uma instrução, temos as informações dos equipamentos atualizadas e coerentes com o estado real da rede, eliminando a necessidade de simulação.

Os planos de recomposição estudados e estruturados nesta pesquisa não apresentam conflitos entre duas instruções subseqüentes, portanto admitem o uso da tradução *offline*.

4.5 Execução e Auditoria das Manobras de Recomposição

As manobras de recomposição geradas semi-automaticamente podem ser exportadas de forma simples para o Sistema de Roteiro de Manobras (SisRTM). O SisRTM é um *software* para gerência de documentos de manobra em Centros de Operação e Instalações de empresas do setor Elétrico. Em operação na CHESF desde 2008, a ferramenta gerencia boa parte dos documentos normativos utilizados pelos setores de Pré-Operação e Operação da empresa. Também é responsável por auxiliar a execução, em tempo real, das manobras descritas nesses documentos.

A Figura 4.8 demonstra a execução de uma manobra dentro do SisRTM. O sistema provê mecanismos de controle do fluxo de execução da manobra, a saber: indicação da instrução corrente, permitir pular a execução de instruções (justificando o motivo para tal), marcação de horário da execução – sincronizado com o horário do SAGE – e auditoria automática das ações de manobra. Na figura é possível observar ações puladas (e. g. ação 1.9) e devidamente justificadas, além de ações cuja conclusão foi detectada automaticamente pelo mecanismo de auditoria (ações 1.6, 1.7 e 1.10, destacadas na cor verde). Os demais horários foram registrados manualmente.

A auditoria de instruções de manobra é de grande valia para a operação do sistema elétrico. Trata-se de uma função de interação com o operador, responsável por verificar e apre-



Figura 4.8: Tela do SisRTM durante a execução de uma manobra.

sentar quais das instruções já foram ou devem ser executadas. Dessa forma, a auditoria é capaz de controlar o fluxo de execução de uma manobra automaticamente, informando ao operador qual a ação da vez e quando ele deve avançar na sequência. A verificação da auditoria é feita através de investigação das informações contidas nas fontes de dados relacionadas com a ação a ser executada pelo operador, caso existam. A fonte de dados mais comum para a auditoria de manobras é o sistema SCADA da empresa.

Na execução de IOs de reenergização, o SisRTM realiza consultas periódicas – em intervalo de segundos – ao SAGE, para identificar: (i) quais instruções devem ser ignoradas (puladas) e (ii) quais instruções já foram executadas. A consulta ao SAGE é realizada por intermédio do *framework* Smart Model, o qual disponibiliza um serviço de acesso aos dados adquiridos do SCADA em tempo real.

Para se comunicar com o Smart Model, o SisRTM reconhece o texto indicado na instrução ou pré-condição e gera uma expressão booleana, chamada de expressão de auditoria. Essa expressão é verificada utilizando as informações do SAGE, e caso seja verdadeira a ferramenta toma uma decisão sobre o fluxo de execução da manobra:

- **Pré-condições:** se a expressão de auditoria de cada pré-condição da instrução for

verdadeira, o sistema libera a execução daquela instrução para o operador, exibindo-a na tela como ação corrente.

- **Instruções:** se a expressão de auditoria da instrução for verdadeira, o sistema a reconhece como concluída, registra o tempo de verificação obtido do SAGE como horário de execução e prossegue para a próxima instrução.

A título de exemplo, se o texto da ação for “Abrir 14D1-CMD e 14D2-CMD.”, sendo 14D1-CMD e 14D2-CMD disjuntores da CHESF, a ferramenta vai gerar a expressão de auditoria `(14D1-CMD.isOpen && 14D2-CMD.isOpen)`, a qual verifica, no Smart Model, se ambos os disjuntores estão abertos. Se estiverem abertos, a ação é marcada como executada e a execução prossegue para a instrução seguinte.

Para dispor dos recursos de auditoria oferecidos pelo SisRTM, as instruções de baixo nível e pré-condições são exportadas em conjunto para a ferramenta, a exemplo da Figura 4.9. As manobras geradas são, portanto, auditáveis em tempo real. Quando um plano de recomposição é executado, o SisRTM interage com o operador, conduzindo-o durante a recomposição. Ao final, o sistema verifica e informa o sucesso ou o insucesso da manobra. Desse modo, uma parte crítica do processo é automatizada: o controle das pré-condições e desvios no fluxo de execução.

É importante esclarecer que o controle do fluxo de execução em tempo real não está inserido no contexto desta pesquisa, sendo esta incumbência exclusiva do SisRTM. A ferramenta já possui conhecimento para interpretar as pré-condições e ações de baixo nível e gerar expressões de auditoria para verificação no SAGE. Cabe à solução proposta neste trabalho apenas exportar manobras de recomposição em formato auditável, usando textos (*templates*) compatíveis com a linguagem reconhecida pelo módulo de auditoria do SisRTM.

4.6 Exemplo de Aplicação

A fim de demonstrar como esta abordagem será capaz de resolver o problema da geração e execução de manobras de recomposição, um exemplo completo de sua aplicação será apresentado nesta seção. O exemplo inclui: (i) modelo de plano de recomposição baseado em uma IO da CHESF; (ii) esboço das ações de manobra geradas pela solução e (iii) simula-

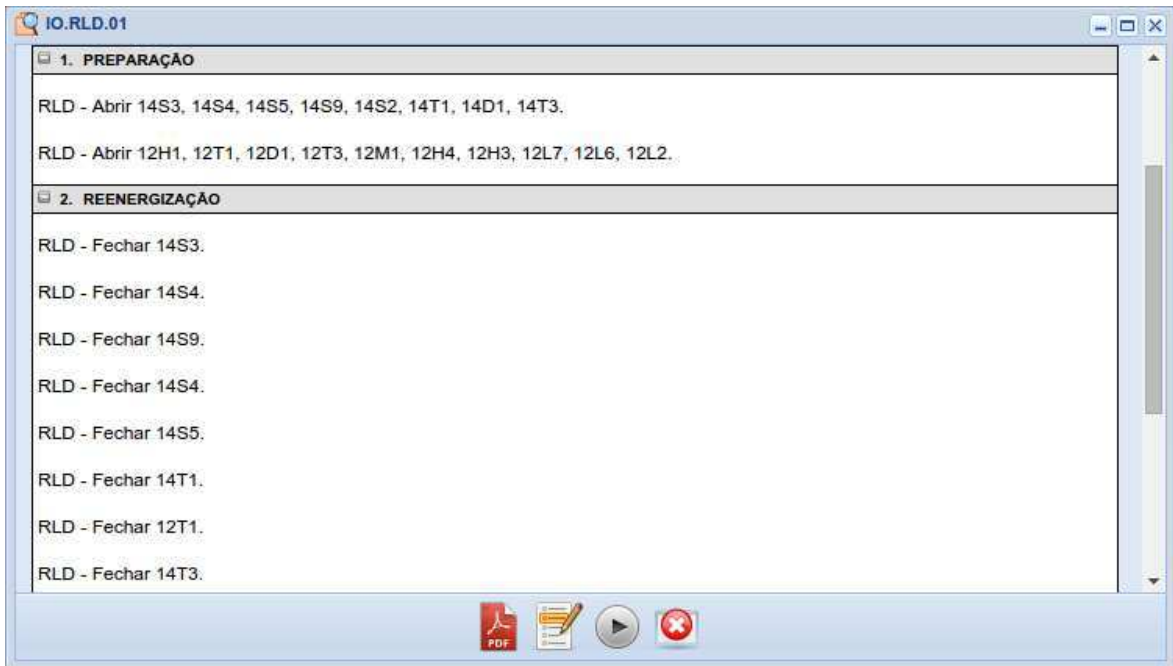


Figura 4.9: Plano de recomposição estruturado exportado para o SisRTM.

ção de execução da IO. Exemplos adicionais semelhantes podem ser vistos nos Apêndices A.1-A.6.

A subestação Rio Largo II (RLD), da CHESF, foi escolhida para exemplificar a solução. Essa subestação se localiza no município de Rio Largo (Alagoas) e atua como abaixadora de tensão (230 kV). A Figura 4.10 exibe o diagrama unifilar completo da subestação RLD.

O documento que descreve o plano de recomposição da subestação é a IO-RLD.01. A versão utilizada se encontra na 45ª edição, a qual foi operacionalizada em 2014.

4.6.1 IO de Recomposição Estruturada

A IO de reenergização da subestação Rio Largo (Tabela 4.11) foi modelada como um plano de recomposição estruturado para exemplificar o primeiro passo da solução proposta. As ações de baixo nível foram agrupadas em instruções de alto nível, acompanhadas das pré-condições descritas no documento. A Tabela 4.12 exibe o resultado da modelagem em RPSL. É essencial notar que o plano estruturado pode ser facilmente compreendido pelo operador, bem como interpretado pela máquina.

Procedimento	Sequência de Fechamento	Condições para fechamento
I. Preparação	Abrir ou confirmar abertos todos os disjuntores de 230 e 69 kV.	-
II. Reenergização	14S3 (a). (a) Na indisponibilidade da LT 04S3-MSI/RLD, quando chegar tensão, fechar o 14S4 e prosseguir considerando a nova configuração.	<ul style="list-style-type: none"> • Quando chegar tensão.
	14S9	<ul style="list-style-type: none"> • Tensão < 240 kV (a) (a) Caso tensão > 240kV, contatar o CROL.
	14S2 (BSK)	-
	14S4 (a) (a) Na indisponibilidade da LT 04S4-MSI/RLD, quando chegar tensão, fechar o 14S5 e prosseguir considerando a nova configuração.	<ul style="list-style-type: none"> • Quando chegar tensão.
	14T1 (a) 12T1 (a) Na indisponibilidade do trafo 04T1, energizar o trafo 04T3 com tape na posição 1L e prosseguir considerando a nova configuração.	<ul style="list-style-type: none"> • Tape 04T1 na posição 1L.
	12L6, 12L7, 12L2 e 12M1	<ul style="list-style-type: none"> • Tensão de 69 kV regulada.
	12T4	-
	14T3	<ul style="list-style-type: none"> • Tape 04T3 na Posição 1L. • Carga > 25 MW.
	12T3	<ul style="list-style-type: none"> • Tape 04T3 equiparado ao 04T1.
	14S5	<ul style="list-style-type: none"> • Quando chegar tensão.

Tabela 4.11: IO de reenergização da SE RLD.

Procedimento	Instruções	Pré-condições
I. Preparação	Abrir todos os disjuntores de 230 kV .	-
	Abrir todos os disjuntores de 69 kV .	-
II. Reenergização	Energizar 04S3-MSI/RLD .	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04S3-MSI/RLD estiver disponível. • Quando houver tensão em 04S3-RLD.
	Energizar 04S4-MSI/RLD .	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04S3-MSI/RLD estiver indisponível. • Se 04S4-MSI/RLD estiver disponível. • Quando houver tensão em 04S4-RLD.
	Energizar 04S9-RLD/PEN .	<ul style="list-style-type: none"> • Tensão de 04S9-RLD menor ou igual a 240 kV.
	Energizar 04S4-MSI/RLD .	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04S4-MSI/RLD estiver disponível. • Se 04S4-MSI/RLD estiver desenergizado. • Quando houver tensão em 04S4-RLD.
	Energizar 04S5-MSI/RLD .	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04S4-MSI/RLD estiver indisponível. • Se 04S5-MSI/RLD estiver disponível. • Quando houver tensão em 04S5-RLD.
	Energizar 02BP-RLD via 04T1-RLD .	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04T1-RLD estiver disponível. • Tape 04T1-RLD na posição 1L.
	Energizar 02BP-RLD via 04T3-RLD .	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04T1-RLD estiver indisponível. • Se 04T3-RLD estiver disponível. • Tape 04T3-RLD na posição 1L.
	Energizar 02L6-RLD , 02L7-RLD , 02L2-RLD e 02M1-RLD .	<ul style="list-style-type: none"> • Se tensão 02BP-RLD estiver regulada.
	Energizar primário do 02T4-RLD .	-
	Energizar 04T3-RLD .	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04T3-RLD estiver disponível. • Se 04T3-RLD estiver desenergizado. • Tape 04T3-RLD na posição 1L. • Carga 04T3-RLD maior que 25 MW. • Tape 04T3-RLD equiparado ao 04T1-RLD.
	Energizar 04S5-MSI/RLD .	<ul style="list-style-type: none"> • Se 04S5-MSI/RLD estiver disponível. • Se 04S5-MSI/RLD estiver desenergizado. • Quando houver tensão em 04S5-RLD.

Tabela 4.12: Plano de recomposição estruturado da SE RLD.

Como mencionado na Seção 4.3, a forma de escrever a IO como plano de recomposição estruturado difere consideravelmente do documento original, pois é feita de maneira padronizada e unívoca, evitando interpretação errada do texto. A escrita estruturada não permite descrever dois “caminhos” da manobra em uma única instrução, como no trecho do docu-

mento original exposto no Quadro 4.1.

“Fechar 14S3 quando chegar tensão; Na indisponibilidade da LT 04S3-MSI/RLD, quando chegar tensão, fechar o 14S4 e prosseguir considerando a nova configuração”.

Quadro 4.1: Trecho do documento IO-RLD.01.

Na versão estruturada, essa instrução é dividida em duas, com as pré-condições devidamente destacadas, conforme pode ser visto no Quadro 4.2.

<i>“Energizar 04S3-MSI/RLD”.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Se 04S3-MSI/RLD estiver disponível.</i> • <i>Quando houver tensão em 04S3-RLD.</i>
<i>“Energizar 04S4-MSI/RLD”.</i>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Se 04S3-MSI/RLD estiver indisponível.</i> • <i>Se 04S4-MSI/RLD estiver disponível.</i> • <i>Quando houver tensão em 04S4-RLD.</i>

Quadro 4.2: Versão estruturada do trecho exibido no Quadro 4.1.

As duas instruções contam com pré-condições que as tornam mutuamente excludentes (destacadas em negrito). Além disso, as condições “quando chegar tensão” e “se estiver disponível”, descritas em uma só sentença no trecho destacado do documento original, são divididas em duas pré-condições na versão estruturada, de forma que cada uma possa ser avaliada individualmente pelo auditor no momento da execução.

4.6.2 Manobra de Recomposição

O plano de recomposição estruturado apresentado anteriormente, bem como o atual estado da rede, são fornecidos como entrada para o módulo de tradução da técnica. Cada instrução de alto nível do plano estruturado é convertida em uma ou mais ações de seccionamento no momento de geração da manobra. A Tabela 4.13 demonstra como cada instrução descrita no plano de recomposição da Tabela 4.12 é traduzida para o baixo nível utilizando abordagem *offline*.

Procedimento	Instrução em alto nível	Instruções em baixo nível equivalentes
I. Preparação	Abrir ou confirmar abertos todos os disjuntores de 230 kV.	RLD - Abrir 14S3, 14S4, 14S5, 14S9, 14S2, 14T1, 14D1, 14T3.
	Abrir ou confirmar abertos todos os disjuntores de 69 kV.	RLD - Abrir 12H1, 12T1, 12D1, 12T3, 12M1, 12H4, 12H3, 12L7, 12L6, 12L2.
II. Reenergização	Energizar 04S3-MSI/RLD.	RLD - Fechar 14S3. ^a
	Energizar 04S4-MSI/RLD.	RLD - Fechar 14S4.
	Energizar 04S9-RLD/PEN.	RLD - Fechar 14S9.
	Energizar 04S4-MSI/RLD.	RLD - Fechar 14S4. ^b
	Energizar 04S5-MSI/RLD.	RLD - Fechar 14S5.
	Energizar 02BP-RLD via 04T1-RLD.	RLD - Fechar 14T1. RLD - Fechar 12T1.
	Energizar 02BP-RLD via 04T3-RLD.	RLD - Fechar 14T3. RLD - Fechar 12T3.
	Energizar 02L6-RLD, 02L7-RLD, 02L2-RLD e 02M1-RLD.	RLD - Fechar 12L6, 12L7, 12L2 e 12M1.
	Energizar primário do 02T2-RLD.	RLD - Fechar 12T4.
	Energizar 04T3-RLD.	RLD - Fechar 14T3. RLD - Fechar 12T3.
Energizar 04S5-MSI/RLD.	RLD - Fechar 14S5.	

^a Considerando que as chaves de isolamento estão todas fechadas e que apenas o disjuntor 14S3 está aberto. O mesmo padrão se aplica às demais instruções de cunho semelhante.

^b Embora a ação se repita na manobra, durante a execução auditável a instrução só aparecerá uma vez, pois as pré-condições das instruções repetidas são mutuamente excludentes (ver Tabela 4.12). A mesma explicação se aplica às demais instruções de cunho semelhante.

Tabela 4.13: Conversão das instruções de alto nível do plano de recomposição da SE RLD em comandos atômicos.

A sequência de comandos atômicos gerados pela solução equivale à sequência de instruções de seccionamento da IO de reenergização da subestação Rio Largo. Vale lembrar que, apesar da Tabela 4.13 não mostrar as pré-condições de cada instrução de seccionamento, elas serão preservadas na exportação da manobra, como foi discutido na Seção 4.4.

Por ora, a abordagem restringe-se à geração de instruções de seccionamento, aterramento e transferência da proteção. Instruções administrativas, assim como as demais instruções operacionais, poderão ser acrescentadas manualmente após a exportação para o SisRTM.

4.6.3 Simulação de Execução da Manobra

Finalmente, a manobra gerada no passo anterior (Tabela 4.13) é exportada e executada dentro do SisRTM. A visão do operador na execução é apresentada na Figura 4.11. Um simulador simplificado do Smart Model e do SAGE foi utilizado para demonstração da atuação do sistema. Na simulação, a subestação foi desarmada para que pudesse ser reenergizada em seguida.



Figura 4.11: Visão do operador durante a execução da manobra de recomposição da SE RLD.

Durante a manobra, o operador visualiza apenas a ação que deve ser executada no momento e todas as instruções passadas. Na figura em questão, as instruções do procedimento de Preparação (confirmação de abertura de todos os disjuntores de 69 e 230 kV) foram detectadas como executadas automaticamente, pois no estado simulado da rede a subestação estava com todos os disjuntores já desarmados. Em seguida, a instrução 2.1 passa a ser a ação corrente. Antes de exibi-la, o SisRTM irá checar suas pré-condições² determinadas no plano da Tabela 4.12:

²A versão atual do SisRTM não exibe pré-condições para o operador, limitação que deverá ser corrigida nas versões futuras.

- (A) Se 04S3-MSI/RLD estiver disponível.
- (B) Quando houver tensão em 04S3-RLD.

Verificadas como verdadeiras as duas condições, a instrução é liberada para execução do operador. Às 15:04, quando o operador fecha o disjuntor 14S3, o mecanismo de auditoria identifica a mudança de estado automaticamente, registra o horário e prossegue para verificação das pré-condições de execução da instrução 2.2:

- (A) Se 04S3-MSI/RLD estiver indisponível.
- (B) Se 04S4-MSI/RLD estiver disponível.
- (C) Quando houver tensão em 04S4-RLD.

As pré-condições (A) das instruções 2.1 e 2.2, entretanto, são mutuamente excludentes. Posto isso, a instrução 2.2 é automaticamente pulada no sistema, conforme explica a justificativa inserida abaixo do texto na Figura 4.11. A instrução 4.3 é então verificada e liberada para execução. O processo se repete até a conclusão da manobra.

Atualmente, sem o auxílio da ferramenta, o operador teria de verificar todas as pré-condições listadas anteriormente por conta própria. Também seria necessária sincronização entre os executores da manobra para identificar quais ações já foram realizadas. Para verificar as instruções 1.1 e 1.2, por exemplo, os operadores precisariam conferir manualmente o estado de 18 disjuntores. Com a automatização, a máquina realiza essa checagem em milésimos de segundo, sem margem para erros.

É importante salientar, por fim, que o módulo de execução de IOs do SisRTM ainda está em testes, embora use a base bem sucedida dos módulos de execução dos demais documentos do sistema. Até que a solução seja integrada ao sistema em operação, ajustes devem ser feitos para permitir maior interação com o usuário durante a manobra.

Capítulo 5

Avaliação

5.1 Metodologia

O trabalho desenvolvido foi avaliado no âmbito de uma companhia de Geração e Transmissão de Energia Elétrica real – a CHESF. A avaliação foi conduzida durante o projeto de pesquisa e desenvolvimento (P&D) Smart Switch, realizado em parceria entre a CHESF e a Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). O Smart Switch é um sistema prova-de-conceito cujo objetivo principal é minimizar o número de erros e o tempo de geração de manobras na rede elétrica.

A avaliação do trabalho envolveu duas etapas elementares, cujas metodologias são detalhadas nas subseções 5.1.1 e 5.1.2, respectivamente:

1. **Validação da técnica de geração automática de manobras usada na tradução de instruções:** os algoritmos de geração de manobra encontrados na literatura foram evoluídos para corrigir as principais limitações que impediam seu uso em um contexto real. Através do Smart Switch, a técnica foi reavaliada de forma iterativa no ambiente da CHESF, até estar apta a gerar manobras estritamente corretas do ponto de vista elétrico.
2. **Verificação e validação do gerador semi-automático de manobras de recomposição:** a solução desenvolvida nesse trabalho foi verificada com base nas IOs operacionais de recomposição das subestações da CHESF. A verificação teve como objetivo garantir que as sequências de instruções das IOs são equivalentes, semanticamente, às

seqüências de comandos atômicos gerados na tradução de manobras. Já a validação da solução foi feita através do método de validação aparente. Dois engenheiros da CHESF, especialistas no processo de recomposição da rede, analisaram o modelo a respeito de sua (i) viabilidade e (ii) validade no contexto da companhia.

A Figura 5.1 ilustra o relacionamento entre os componentes do sistema prova-de-conceito – estruturação, tradução e execução – e os recursos de validação e verificação providos pela CHESF – IOs operacionais e profissionais especialistas na área. Todas as etapas da solução foram verificadas (através de comparação com as IOs operacionais) e/ou validadas (através de avaliação de especialistas) usando estes recursos.

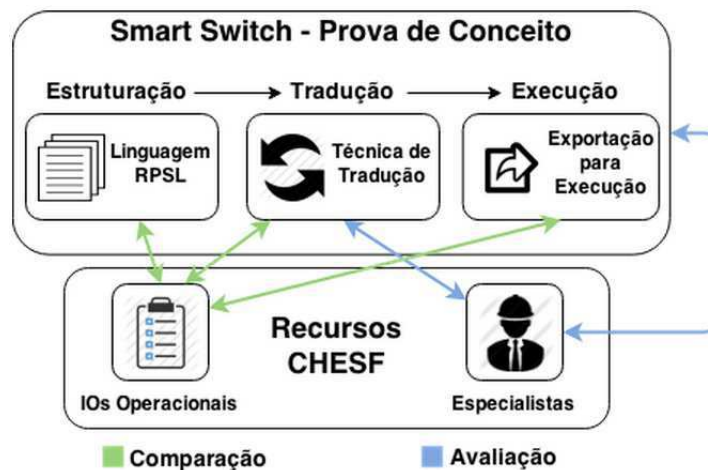


Figura 5.1: Relacionamento entre os componentes do sistema prova-de-conceito e os recursos de validação disponibilizados pela CHESF.

5.1.1 Técnica de Geração Automática de Manobras

O passo inovador da solução proposta é a tradução das instruções dos planos de recomposição em comandos de baixo nível. É ela quem possibilita a escrita dos planos estruturados em uma linguagem de alto nível, de fácil manutenção. Conforme comentado na Seção 4.3, a técnica de geração automática escolhida para implementar o tradutor da linguagem possuía algumas limitações importantes, entre elas o fato de não gerar manobras estritamente corretas para cenários atípicos da rede (e. g. equipamentos faltosos). Por essa razão, os algoritmos de geração automática de manobra tiveram de ser evoluídos no início deste trabalho

para eliminar as suas principais limitações.

Conhecida a sua importância para o sucesso da solução, se fez necessário reavaliar a técnica após o período de evolução. Para viabilizar a avaliação da técnica com a colaboração da CHESF, as alterações realizadas foram implementadas no Smart Switch. A validação foi então realizada por meio de uma metodologia iterativa. Cada iteração foi constituída por 6 passos:

1. **Definição dos cenários:** um conjunto de cenários de manobra é definido pelo time de pesquisa, cobrindo classes de manobra que não são descritas em documentos normativos da CHESF e não fazem parte do escopo da técnica original. Para cada classe, várias instâncias são selecionadas, utilizando critérios que possibilitem maior representatividade dos cenários: arranjo do barramento envolvido na manobra, quantidade de equipamentos na subestação, nível de tensão e centro regional da subestação.
2. **Seleção dos especialistas:** um grupo de especialistas na geração de manobras da CHESF é selecionado para avaliar a técnica usando o sistema prova-de-conceito. A seleção é feita pela própria CHESF, sem interferência do time de pesquisa.
3. **Treinamento:** para evitar que as avaliações sejam prejudicadas por mal uso da ferramenta, os especialistas selecionados são treinados para gerar manobras automaticamente usando o Smart Switch. O treinamento é realizado em algumas sessões de treinamento coordenadas pelo time de pesquisa.
4. **Geração:** os cenários escolhidos no passo 1 são distribuídos entre os especialistas levando em conta a localização das manobras (i. e. operadores devem avaliar cenários relacionados aos seus centros regionais). Cada participante do processo deve gerar as manobras nos cenários configurados dentro do sistema.
5. **Avaliação:** após usar o sistema para gerar manobras automaticamente para um cenário, o especialista deve avaliar e prover *feedback* sobre a corretude – do ponto de vista elétrico – e completude da manobra gerada. Se algum erro for detectado, eles devem ainda indicar quais instruções são incorretas e/ou qual seria a sequência mais apropriada.
6. **Evolução:** o time de pesquisa coleta todas as avaliações dos especialistas e as analisa internamente. Por último, os *feedbacks* são usados para evoluir a técnica, corrigindo

os cenários para os quais manobras incorretas ou incompletas foram geradas.

5.1.2 Gerador Semi-Automático de Manobras de Recomposição

A abordagem descrita neste trabalho foi implementada, a nível de *back end*, no sistema prova-de-conceito Smart Switch. Os três principais módulos da solução proposta – estruturação de planos de recomposição, tradução de instruções de alto nível em comandos de baixo nível e exportação de manobras para o SisRTM – foram codificados na ferramenta.

- Verificação

A verificação da implementação foi feita através de testes automatizados de unidade e aceitação. Esses testes garantem a integridade do sistema quanto à ausência de *bugs* e a conformidade em relação à funcionalidade de negócio esperada.

Os casos de teste foram gerados com base nas IOs de recomposição utilizadas pela operação da CHESF. Um subconjunto dessas IOs – diferente daquele utilizado para estudo e construção da linguagem RPSL – foi usado para gerar diversos testes de aceitação do tipo caixa-preta. Nos testes, cada IO do subconjunto é reescrita de forma estruturada e em seguida passada como entrada para o módulo de tradução, considerando diferentes estados da rede. A saída gerada pela técnica de tradução (manobra composta por comandos de baixo nível) é então comparada com a sequência de instruções contida na IO original.

- Validação

O processo de validação considerado mais apropriado para avaliar o gerador de manobras semi-automáticas de recomposição exigiria observação da solução implementada no ambiente de operação da CHESF. Seria necessário definir métricas de sucesso com base no objetivo do trabalho (e. g. tempo de elaboração e manutenção de uma IO; quantidade de erros operacionais cometidos durante a execução de uma IO etc.). Através da análise periódica dos valores dessas métricas, seria possível decidir se o trabalho teve êxito em resolver o problema de negócio para o qual ele foi projetado.

Contudo, este processo ideal de validação demandaria meses ou anos de observação no ambiente mencionado. Seria necessária ainda a disponibilidade de operadores e engenheiros especialistas da CHESF para utilizar a ferramenta em testes durante o

tempo desejado. Tais recursos humanos e de tempo não estiveram disponíveis para empenho na validação da pesquisa. Sendo assim, a alternativa encontrada para validar a solução desenvolvida foi recorrer ao método de validação aparente (*face validity*).

O modelo completo da solução (nos moldes do exemplo de aplicação apresentado na Seção 4.6) foi avaliado separadamente por dois engenheiros da CHESF, especialistas no processo de recomposição da rede. São eles:

- Denilson Santos dos Santos, Gerente do Centro de Operação do Sistema (COOS) da CHESF, localizado em Recife – PE.
- Antônio Sérgio de Araújo, Supervisor da Operação do Sistema Eletroenergético do Centro Regional de Operação de Sistema Leste (CROL) da CHESF, localizado em Recife – PE.

Os benefícios e limitações da abordagem proposta foram apresentados, analisados e discutidos até obter-se um parecer técnico de ambos sobre a validade e viabilidade da solução na Operação do Sistema da CHESF .

5.2 Resultados

Os resultados de cada etapa de avaliação estabelecida na Seção 5.1 são sintetizados nas subseções a seguir.

5.2.1 Técnica de Geração Automática de Manobras

O último ciclo de validação foi realizado entre Junho e Dezembro de 2013, seguindo os passos descritos na Seção 5.1.1. Os cenários escolhidos envolveram todas as manobras afetadas pelas mudanças efetuadas nos algoritmos durante este trabalho. Ao todo, 8 classes de manobra foram cobertas nessa iteração:

1. Liberação de disjuntor impedido fechado;
2. Liberação/normalização de chave sem impedimento;
3. Liberação de chave impedida fechada;
4. Liberação/normalização de barra auxiliar;

5. Liberação/normalização de equipamento de regulação;
6. Liberação/normalização de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos;
7. Liberação/normalização de trafo com um ou mais disjuntores associados impedidos;
8. Transferência de equipamento entre barras.

Depois de escolhidos e alocados os cenários de manobra, os especialistas foram instruídos no uso da ferramenta Smart Switch em cerca de 4 sessões de treinamento. Eles também receberam manual de uso do sistema e diretrizes de avaliação preparadas pelo time de pesquisa. De acordo com as diretrizes, eles deveriam gerar manobras automaticamente para cada cenário requisitado e em seguida escrever um pequeno relatório contendo uma análise crítica da manobra gerada.

Ao todo, 160 cenários foram disponibilizados nessa iteração. Apenas 24 relatórios foram submetidos pelos especialistas até o encerramento do ciclo. A análise dos relatórios mostrou que **96%** das manobras geradas estavam corretas do ponto de vista elétrica. Uma única manobra foi considerada incorreta devido a um *bug* de implementação, o qual foi devidamente corrigido na etapa final. Os resultados detalhados, divididos por classe de manobra, estão disponíveis na Tabela 5.1. Apesar do indicativo positivo para a corretude da técnica, algumas análises reportaram a falta de certas instruções de manobra, o que era esperado uma vez que a técnica gera apenas comandos de seccionamento, aterramento e transferência da proteção.

Outro ponto importante levantado pelos especialistas diz respeito aos padrões de manobra de cada centro regional. Cada centro tem autonomia para tomar diferentes decisões na geração de uma mesma manobra, o que pode criar um conflito de padronização. Um exemplo comum de divergência é a simples tarefa de isolar um transformador desenergizado: algumas regionais decidem abrir a chave de isolamento mais próxima do equipamento, enquanto outras preferem, por razões de segurança, abrir a chave de isolamento localizada depois do disjuntor associado. Estas diferenças de padrão não serão levadas em conta pela solução neste momento.

Em conclusão, os resultados de validação da evolução da técnica de geração de manobras mostraram que esta está apta para uso em um contexto real como o da CHESF, seja para propósitos de treinamento ou operação em tempo real. A seção de Validação do Relatório Final do Projeto Smart Switch, contendo todos os *feedbacks* produzidos pelos especialistas

Classe	Número de cenários distribuídos	Número de relatórios submetidos	Número de manobras corretas	% de corretude
1	20	5	5	100%
2	20	5	5	100%
3	20	4	3	75%
4	20	4	4	100%
5	20	4	4	100%
6	30	2	2	100%
7	15	0	-	-
8	15	0	-	-
Total	160	24	23	96%

Tabela 5.1: Resultados detalhados de validação da Técnica de Geração de Manobras.

nesta iteração, pode ser vista no Apêndice B.

5.2.2 Gerador Semi-Automático de Manobras de Recomposição

- Verificação

Ao todo, 3931 testes de aceitação e 537 testes de unidade foram criados, compreendendo os três grandes módulos da solução. Seis IOs de reenergização, das subestações Angelim II (AGD), Bongí (BGI), Campina Grande II (CGD), Joairam (JRM), Recife II (RCD) e Rio Largo II (RLD), foram convertidas em casos de teste funcionais.

A comparação das manobras geradas semi-automaticamente com as IOs da CHESF mostrou que a linguagem de estruturação é capaz de expressar o mesmo conteúdo que os documentos originais. Também mostrou que a solução é capaz de gerar manobras semanticamente equivalentes àquelas definidas no documento original. Em vista disso, pode-se afirmar que a solução desenvolvida é capaz de gerar manobras de recomposição corretas desde que planos de recomposição corretos sejam fornecidos como entrada.

- Validação

O modelo completo da solução foi analisado individualmente pelos dois profis-

sionais mencionados na Seção 5.1. A ambos foi apresentado: (i) o processo semi-automático sugerido pela abordagem; (ii) o modelo de plano estruturado da subestação Rio Largo; (iii) o resultado da tradução do modelo em comandos atômicos; e (iv) protótipos de tela de um editor de planos de recomposição estruturados e das manobras exportadas ao SisRTM.

Em resumo, o parecer técnico dos especialistas trouxe as seguintes conclusões:

1. **Sobre a viabilidade da solução:** os especialistas não detectaram empecilhos ao emprego da solução apresentada. A linguagem de estruturação RPSL foi considerada satisfatória, uma vez que eles estão acostumados com o vocabulário de instruções e pré-condições e também já utilizam a estruturação via *templates* em outros documentos normativos. A execução por meio do SisRTM também já é familiar aos especialistas na geração de manobra e operadores do sistema elétrico.
2. **Sobre a validade da solução:** os especialistas apontaram que a solução agregaria valor à Operação da CHESF em dois segmentos principais:
 - (a) Manutenção dos documentos. Ao descrever as IOs em alto nível e delegar a tradução das instruções para o computador, a manutenção dos planos de recomposição é simplificada consideravelmente, pois alterações pontuais na topologia não requerem modificações nos documentos. Por exemplo: considere a instrução “Abrir todos os disjuntores de 230 kV”; se um disjuntor de 230 kV novo for adicionado na topologia, os especialistas não precisarão alterar a IO, pois a tradução da instrução de alto nível irá automaticamente incluir o disjuntor quando realizada – contanto que este disjuntor esteja modelado no SAGE.
 - (b) Execução dos documentos. Ao prover documentos com instruções e pré-condições acompanhadas de expressões de auditoria definidas em linguagem natural, o processo de execução seria consideravelmente melhorado, pois teria boa parte do fluxo de execução da manobra automatizado pela auditoria. De acordo com os especialistas, qualquer esforço para reduzir a alta carga de informações que um operador deve lidar em tempo real é de grande valia para a operação do sistema elétrico.

3. **Sobre a generalização da solução:** um dos especialistas comentou que a solução desenvolvida não precisa se limitar à tarefa de recomposição de subestações. O modelo apresentado se aplicaria também a outros tipos de IO da CHESF, a exemplo das IOs que descrevem os procedimentos a tomar em caso de perda de um trafo. A generalização da solução para outros tipos de IO não foi considerada neste trabalho, mas será destacada como trabalho futuro em continuidade a esta pesquisa.

5.3 Discussão

Conforme foi verificado, a solução é capaz de gerar manobras corretas desde que planos de recomposição corretos sejam estruturados e fornecidos como entrada. Embora não garanta a geração de manobras de recomposição corretas – uma vez que a decisão de como recompor a subestação será do especialista que elaborar o plano –, ela irá facilitar a atividade de execução da manobra e agilizar a manutenção dos planos de recomposição, desde que os especialistas sejam devidamente treinados para se adequar ao paradigma de escrita estruturada.

Nas Seções 5.3.1 e 5.3.2 são discutidos, respectivamente, dois aspectos importantes deste trabalho: a aplicabilidade da solução e suas limitações conhecidas.

5.3.1 Aplicabilidade da Solução

Na abordagem proposta, a recomposição é realizada de acordo com estratégias definidas antecipadamente nos planos de recomposição. Muito embora os algoritmos descritos nos planos de recomposição englobem um amplo conjunto de situações de contingência, eles apresentam como desvantagem a natureza estática de suas hipóteses [15]. Em razão disso, o universo de soluções de recomposição desta técnica está limitado aos planos previamente estabelecidos durante a fase de Planejamento.

Dentro do conjunto possível de estratégias de recomposição, existe um subconjunto específico para o qual a técnica não pode ser aplicada. Trata-se das recomposições síncronas. Dizemos que uma recomposição é síncrona ou dependente quando o prosseguimento dela depende do andamento de outra manobra de recomposição, ou seja, existe interdependência entre elas. Até o momento, a solução só consegue lidar com uma única linha de execução

dentro de uma recomposição, por isso admite apenas estratégias de recomposição assíncronas ou independentes (sem interdependência com outras manobras).

A cobertura dos planos de recomposição aos diversos cenários de contingência da rede é responsabilidade dos engenheiros da CHESF, do ONS e/ou das ferramentas de apoio à recomposição eventualmente utilizadas pela companhia. Se a solução for aplicada a todos os centros regionais da CHESF, estima-se a necessidade de estruturar quase 100 IOs (supondo um plano por subestação). Isso implicará em um grande esforço inicial para adequação dos documentos no sistema. Considerando que a manutenção desses planos será menos custosa do que manutenção de IOs, esse número é viável para o contexto da companhia.

5.3.2 Limitações da Solução

São limitações relevantes deste trabalho:

- Na estruturação dos planos de recomposição:

Devido à frequente necessidade de se definir instruções mutuamente excludentes, há muita repetição de texto em um plano estruturado, principalmente nas pré-condições das instruções. Como consequência, dependendo do tamanho da manobra, os documentos escritos em RPSL podem ser bastante prolixos.

A adição de outros elementos sintáticos na linguagem (e. g. comandos condicionais) pode atenuar essa limitação. Todavia, essa decisão tornaria a linguagem muito mais complexa para uso de um operador. A linguagem final deve, essencialmente, estar no nível de entendimento da linguagem natural. Embora isso não comprometa o funcionamento da solução apresentada, alternativas para o problema serão discutidas no futuro.

- Na tradução dos planos de recomposição em manobras:

A solução compartilha de algumas das limitações da técnica de geração automática de manobras, ainda presentes mesmo após a evolução realizada no início deste trabalho. São elas: (i) a geração de manobras é sensível a erros topológicos, ou seja, manobras de recomposição erradas podem ser geradas se houver alguma falha na modelagem da topologia e (ii) a técnica gera apenas instruções de seccionamento, aterramento e transferência da proteção. Instruções adicionais, como as diretrizes administrativas,

precisam ser inseridas manualmente após exportação para o SisRTM.

- Na execução das manobras:

Apesar de todos os comandos de manobra gerados pelo tradutor serem auditáveis via SAGE, nem todas as pré-condições disponíveis no vocabulário da linguagem de estruturação o são. A informação necessária para auditar aquela pré-condição pode não estar presente no SCADA da empresa. É o caso das verificações que envolvam políticas administrativas ou equipamentos não supervisionados pelo SCADA. Essa limitação implica em uma pequena parte das verificações ainda tendo de ser realizadas em tempo real pelos operadores.

Capítulo 6

Considerações Finais

6.1 Conclusões

Este trabalho teve como finalidade resolver o problema da geração e execução de planos de recomposição na CHESF. A operação da recomposição do sistema elétrico está sujeita a falhas causadas pela suscetibilidade a erros na interpretação, em tempo real, das IOs de recomposição. Qualquer instrução interpretada erradamente pode causar graves danos à rede elétrica, o que atrasa ainda mais o restabelecimento da energia e agrava o problema. Ademais, a demora na restauração do sistema pode causar perda de receita à companhia, em virtude da interrupção no fornecimento de energia elétrica.

A solução apresentada partiu da premissa de que seria possível gerar manobras de recomposição com qualidade suficiente para diminuir a ocorrência de erros durante a execução, de forma a amenizar o problema citado anteriormente. Três passos fundamentais compõem a solução: (i) estruturação dos planos de recomposição da companhia; (ii) tradução dos planos estruturados em manobras de recomposição e (iii) exportação das manobras para uma ferramenta capaz de controlar e auditar a execução através do sistema SCADA da companhia. No final, o operador recebe uma sequência de comandos atômicos a executar, sem a necessidade de analisar múltiplas condições e caminhos possíveis por conta própria durante a operação em tempo real.

A abordagem desenvolvida pode ser considerada inovadora no tratamento do problema. Nenhum outro trabalho encontrado na literatura é capaz de gerar manobras de recomposição, contendo apenas passos atômicos, a partir de planos de recomposição pré-existentes. Ainda

que a solução semi-automática não garanta a geração de manobras estritamente corretas, ela assegura a tradução correta dos planos de recomposição em passos atômicos e auditáveis, o que facilita a interpretação das manobras e, conseqüentemente, aumenta a confiabilidade da operação.

A validação da pesquisa foi conduzida em parceria com a CHESF. A metodologia utilizada consistiu de três etapas. Em um primeiro momento, a técnica de geração automática escolhida para traduzir planos de alto nível em manobras de baixo nível foi avaliada através de ciclos de validação na CHESF. Os ciclos contaram com a participação de especialistas na geração de manobras da companhia e foram importantes para evoluir a técnica para cobrir cenários não-triviais, os quais não eram tratados anteriormente. Em seguida, a nova solução proposta neste trabalho foi verificada através de comparação com as IOs operacionais da CHESF. Seis IOs foram modeladas utilizando a linguagem de estruturação e traduzidas em seguida para comandos atômicos. A manobra gerada corresponde à sequência de instruções exibidas nos documentos correspondentes. Por fim, o trabalho foi avaliado por especialistas no processo de recomposição da CHESF. Dois engenheiros analisaram e aprovaram o modelo de solução apresentado.

Entre os principais benefícios da solução, estão: (i) diminuição do esforço de manutenção dos planos de recomposição, (ii) introdução de auditoria na avaliação das pré-condições e na execução das instruções da manobra, o que simplifica o fluxo de execução e aumenta a confiabilidade das manobras e (iii) diminuição dos erros de caráter técnico e de digitação na modelagem dos planos de recomposição.

Apesar das vantagens, a técnica ainda apresenta algumas limitações que devem ser consideradas e possivelmente contornadas em trabalhos futuros. Dentre estas, destacam-se: (i) algumas instruções operacionais, como ajuste de tape, e até mesmo instruções administrativas, precisam ser inseridas manualmente, pois a técnica gera apenas instruções de seccionamento, aterramento e transferência da proteção; (ii) nem todas as pré-condições disponíveis no vocabulário da linguagem de estruturação são auditáveis via SCADA/EMS, o que implica ainda em parte das verificações sendo realizadas pelos operadores em tempo real. Sendo assim, o processo ainda é suscetível a erros, embora com menor probabilidade.

6.2 Contribuições

Este trabalho apresentou as seguintes contribuições:

- Criação de uma linguagem de estruturação para IOs de recomposição do sistema elétrico. Não existia, no contexto da CHESF, uma linguagem de alto nível que permitisse a escrita de IOs estruturadas;
- Disponibilização de uma técnica para traduzir IOs de recomposição de subestações estruturadas em manobras, compostas por comandos atômicos e exportáveis em formato auditável;
- Conversão completa de 6 IOs de recomposição de subestação da CHESF para o modelo proposto neste trabalho (disponíveis no Apêndice A);
- Evolução da técnica de geração automática de manobras utilizada na ferramenta Smart Switch, para cobrir situações atípicas da rede;
- Implementação completa da técnica proposta em um sistema prova-de-conceito, para fins de verificação.

A pesquisa também foi tema de três artigos publicados em congressos especializados na área, listados a seguir em ordem cronológica:

1. FREITAS, R. A.; CRISPIM, C. F.; NICOLLETTI, P. S.; SAUVÉ, J. P.; SANTOS, D. S.; NETO, E. R. “Automatic generation of substation switching sequences”. In: Cigré Lisbon Symposium 2013, 2013, Lisbon, Portugal. Proceedings of the Cigré Lisbon Symposium 2013. Paris, France: Cigré, 2013. v. 1. p. 1-12;
2. FREITAS, R. A.; NICOLLETTI, P. S.; SAUVÉ, J. P.; SANTOS, D. S.; NETO, E. R. “A semi-automatic approach to generate power restoration switching sequences”. In: V Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - SBSE, 2014, Foz do Iguaçu, Brazil. Proceedings of the V Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - SBSE, 2014. v. 1. p. 1-6;
3. FREITAS, R. A.; NICOLLETTI, P. S.; SAUVÉ, J. P.; SANTOS, D. S.; NETO, E. R. “An innovative approach to generate high-complexity Switching Sequences”. In: XIII Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica -

SEPOPE, 2014, Foz do Iguaçu, Brazil. Proceedings of the XIII Simpósio de Especialistas em Planejamento da Operação e Expansão Elétrica - SEPOPE, 2014. v. 1. p. 1-9.

6.3 Trabalhos Futuros

Diversos trabalhos futuros podem ser realizados em continuidade a esta pesquisa. A técnica deve ser evoluída para contornar as limitações abordadas no Capítulo 5 e facilitar a escrita e manutenção dos planos de recomposição. Em ordem de prioridade, sugere-se:

- **Melhorar o controle do fluxo de execução por meio de estruturas de decisão:** conforme apontado no Capítulo 5, a linguagem de estruturação possui como limitação o fato de ser bastante prolixa. Para diminuir esse problema, sugere-se a inclusão de estruturas de decisão na linguagem (do tipo “SE . . . ENTÃO . . . SENÃO . . .”), de forma a eliminar a repetição de instruções com pré-condições mutuamente excluídas.
- **Expandir a linguagem de estruturação para incluir operadores lógicos:** a solução pode ser evoluída para possibilitar o uso de operadores lógicos (conjunção, disjunção e negação) nas pré-condições, de modo a permitir a elaboração de condições mais complexas. Mesmo que as IOs modeladas hoje não exijam esse tipo de construção, esta evolução tornará a linguagem mais flexível e completa do que é hoje.
- **Integrar a solução com outras ferramentas de apoio à operação:** além do SisRTM – já integrado –, a solução pode ser integrada a outras ferramentas categorizadas como “Recomposição Auxiliada por Computador” e “Recomposição Cooperativa”. Ambientes de simulação – para treinamento de operadores –, geradores automáticos de planos de recomposição e ferramentas de diagnóstico – para identificar automaticamente quais planos devem ser executados na ocasião de uma ocorrência na rede elétrica – são possíveis candidatos.

Além disso, novos caminhos de pesquisa podem ser trilhados tomando como base a solução desenvolvida. O principal e mais pertinente destes seria estender e generalizar a solução para outros tipos de IO existentes na CHESF (e. g. IO que descreve os procedimentos

para lidar com trafos defeituosos). A base da solução é a mesma, devendo sofrer alterações mínimas para poder lidar com peculiaridades dos novos documentos.

Referências Bibliográficas

- [1] DHAKAL, P. “Computer aided design of substation switching schemes”. Topology. University of Saskatchewan, 2000.
- [2] BRAND, K.-P.; LOHMANN, V.; WIMMER, W. “Substation automation handbook”. Utility Automation Consulting Lohmann, 2003.
- [3] LOPES, G. M. “Proposta de Estratégia para Agilização do Controle Restaurativo de Sistemas Elétricos de Potência”. 2008. 127 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal de Minas Gerais – UFMG, Belo Horizonte, Minas Gerais.
- [4] BEZUTTI, N. “Multa à Chesf por blecaute no Norte e Nordeste fica em R\$860 mil”. São Paulo: 2014. Disponível em <http://jornaldaenergia.com.br/ler_noticia.php?id_noticia=16327&id_secao=11>. Acesso em: 14/11/2014.
- [5] ISLAM, S.; CHOWDHURY, N. “A case-based windows graphic package for the education and training of power system restoration”. IEEE Transactions on Power Systems, 2001.
- [6] SALAMI, A. “A Heuristic Approach for Switching Sequence Determination during Power System Restoration”. 9th WSEAS/IASME International Conference on ELECTRIC POWER SYSTEMS, HIGH VOLTAGES, ELECTRIC MACHINES, 2009.
- [7] LINDGREN, L. “Automatic Power System Restoration - Application of a Search Algorithm”. Lund University, 2009.
- [8] SUDHAKAR, T. D. “Power Restoration in Distribution Network Using MST Algorithms”, New Frontiers in Graph Theory, Dr. Yagang Zhang (Ed.), 2012.
- [9] FIGUEIREDO, J. C. A.; SAUVÉ, J. P.; NICOLLETTI, P. S.; NETO, E. R.; ARAÚJO, A. S.; AMORIM, F.; FEITOSA, A.; AGRA, R.; RIBEIRO, W. “Smart Action: A Tool to Help

Power System Restoration”. In: 41st Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2008, Waikoloa, Hawaii, USA. Washington, DC, USA: IEEE Computer Society, 2008. v.41. p.167.1 - 167.10.

[10] CRISPIM, C. F. “Geração Automática de Manobras para Sistemas Eletroenergéticos”. 2013. 138 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação), Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Campina Grande, Paraíba.

[11] FREITAS, R. A.; CRISPIM, C. F.; NICOLLETTI, P. S.; SAUVÉ, J. P.; SANTOS, D. S.; NETO, E. R. “Automatic generation of substation switching sequences”. In: Cigré Lisbon Symposium 2013, 2013, Lisbon, Portugal. Proceedings of the Cigré Lisbon Symposium 2013. Paris, France: Cigré, 2013. v. 1. p. 1-12.

[12] DUAILIBE, P. “Subestações: Tipos, Equipamentos e Proteção”. São Paulo, 1999, 85 p. Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca.

[13] LONG, F.; XIA, W.; LIAO, X. “Process simulation modeling for sequence switching strategy in substations”, 2009. In International Conference on Mechatronics and Automation, 2009. ICMA 2009.

[14] ARAÚJO, A. S.; SAUVÉ, J. P.; FIGUEIREDO, J. C. A.; NETO, E. R.; SANTOS, J. M.; AMORIM, F. G.; NICOLETTI, P. S. “Smart Action – Determinação Inteligente de Ações para Recomposição da Rede de Transmissão de Energia”, SNPTEE - Grupo IX, Outubro 2007.

[15] ALVES, F. R. M. A. “Aplicação de Buscas Heurísticas ao Problema de Determinação de Rotas para Recomposição Fluente de Sistemas Elétricos de Potência”. 2007. 241 p. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

[16] A. BRETAS and A. G. PHADKE. “Artificial neural networks in power system restoration”. In IEEE Transactions on Power Delivery, volume 18, number 4, October 2003.

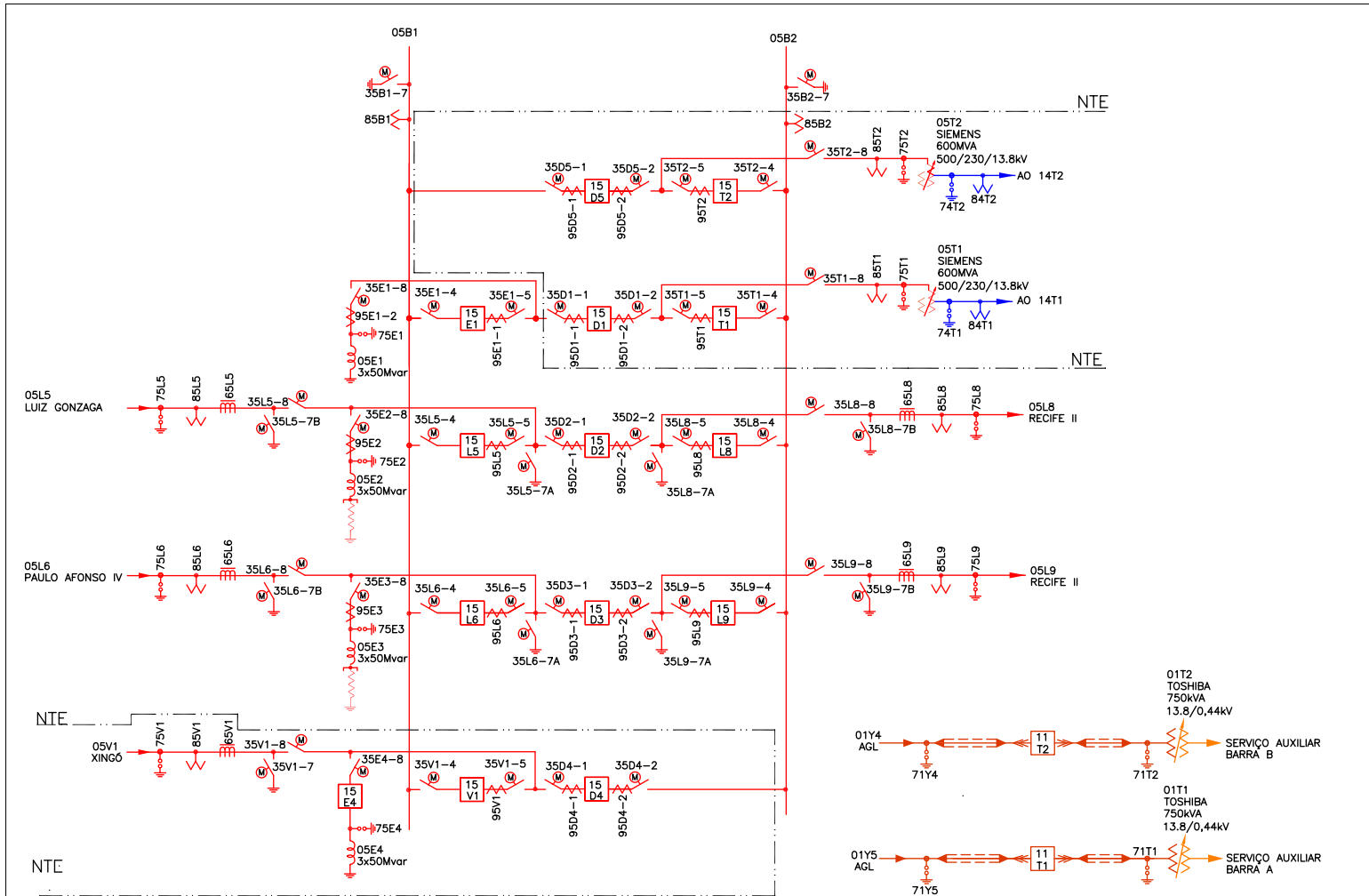
[17] FREITAS, R. A.; NICOLLETTI, P. S.; SAUVÉ, J. P.; SANTOS, D. S.; NETO, E. R. “A semi-automatic approach to generate power restoration switching sequences”. In: V Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - SBSE, 2014, Foz do Iguaçu, Brazil. Proceedings of the V Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos - SBSE, 2014. v. 1. p. 1-6.

[18] KOPAINSKY, J.; WIMMER, W.; BRAND, K. “Topology-based interlocking of electrical substations”. IEEE Transactions on Power Delivery, 1986.

Apêndice A

Planos de Recomposição

A.1 Modelo de plano estruturado da SE Angelim II



MODIFICAÇÕES :
REPRESENTAÇÃO DOS PÁRA-RAIOS 71Y4 E 71Y5.



SE ANGELIM II-AGD

DOMO-97.3.0086 ATUALIZAÇÃO: 02/10/2009 VIGÊNCIA: 02/10/2009 GRL

Plano de Recomposição da SE AGD (Angelim)

1. Plano Estruturado

Baseado na IO-AGD.01, edição 33.

I. Preparação

Instruções	Pré-condições
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de AGD_KV_500, exceto 15E4-AGD.	-
Conectar 05E2-AGD, 05E3-AGD, 05E4-AGD.	Se 05E2-AGD, 05E3-AGD, 05E4-AGD estiver disponível.
Abrir / confirmar aberto 14T1-AGL, 14T2-AGL.	-

II. Reenergização

Instruções	Pré-condições
Energizar 05L5-AGD.	Se 05L5-AGD, 05E2-AGD, 15D2-AGD estiver disponível. Quando houver tensão em 05L5-AGD. Se 05L5-AGD e 05E2-AGD conectados.
Energizar 05V1-AGD.	Se 05L5-AGD / 05E2-AGD / 15D2-AGD estiver indisponível. Se 05V1-AGD, 05E4-AGD estiver disponível. Quando houver tensão em 05V1-AGD.
Conectar 05E1-AGD.	Se 05E1-AGD, 15E1-AGD estiver disponível.
Fechar 15D2-AGD.	Se 05L8-AGD estiver disponível. Se 05L5-AGD estiver energizado.
Fechar 15D4-AGD.	Se 05L8-AGD estiver disponível. Se 05V1-AGD estiver energizado.
Fechar 15D1-AGD.	Se 05L8-AGD estiver indisponível. Se 05T1-AGD estiver disponível. Se 05L9-AGD estiver disponível. Tensão de 05B2-AGD menor ou igual a 550 kV. Tape de 05T1-AGD na faixa de 07 a 11.

Energizar 05L8-AGD.	Se 05L8-AGD estiver disponível.
Energizar primário do 05T1-AGD.	Se 05L8-AGD estiver indisponível. Se 05T1-AGD estiver disponível. Se 05L9-AGD estiver disponível. Tensão de 05B2-AGD menor ou igual a 550 kV. Tape de 05T1-AGD na faixa de 07 a 11.
Energizar 05L9-AGD.	Se 05L8-AGD estiver indisponível. Se 05T1-AGD estiver disponível. Se 05L9-AGD estiver disponível. Tensão de 05B2-AGD menor ou igual a 550 kV. Tape de 05T1-AGD na faixa de 07 a 11.
Energizar primário do 05T1-AGD.	Se 05T1-AGD estiver disponível. Tensão de 05B2-AGD menor ou igual a 550 kV. Tape de 05T1-AGD na faixa de 07 a 11.
Energizar secundário do 05T1-AGD.	Se 05T1-AGD estiver disponível. Se houver tensão em 04B1-AGL. Diferença máxima de tensão entre 05T1-AGD-SEC e 04B1-AGL de 10 kV.
Energizar 05T2-AGD.	Se 05T1-AGD estiver indisponível. Se 05T2-AGD estiver disponível. Tensão de 05B2-AGD menor que 550 kV. Tape de 05T2-AGD na faixa de 07 a 11. Se houver tensão em 04B1-AGL.
Fechar 15D1-AGD.	-
Energizar 05L6-AGD.	Se 05L6-AGD estiver disponível. Quando houver tensão em 05L6-AGD. Se 05L6-AGD e 05E3-AGD conectados.
Fechar 15D3-AGD.	Se 05L5-AGD, 05L6-AGD estiver energizado. Tensão de 05B2-AGD menor ou igual a 535 kV.
Energizar 05L9-AGD.	Se 05L5-AGD, 05L6-AGD estiver energizado. Tensão de 05B2-AGD menor ou igual a 535 kV.
Energizar 05V1-AGD.	Se 05V1-AGD e 05E4-AGD conectados.
Fechar 15D4-AGD.	-
Energizar primário do 05T2-AGD.	Tensão de 05B2-AGD menor que 550 kV. Tape de 05T2-AGD na faixa de 07 a 11.
Energizar secundário do 05T2-AGD.	Tape de 05T2-AGD equiparado ao tape de 05T1-AGD.

Fechar 15D5-AGD.	-
------------------	---

2. Tradução das Instruções

Considerando a rede em condições normais.

I. Preparação

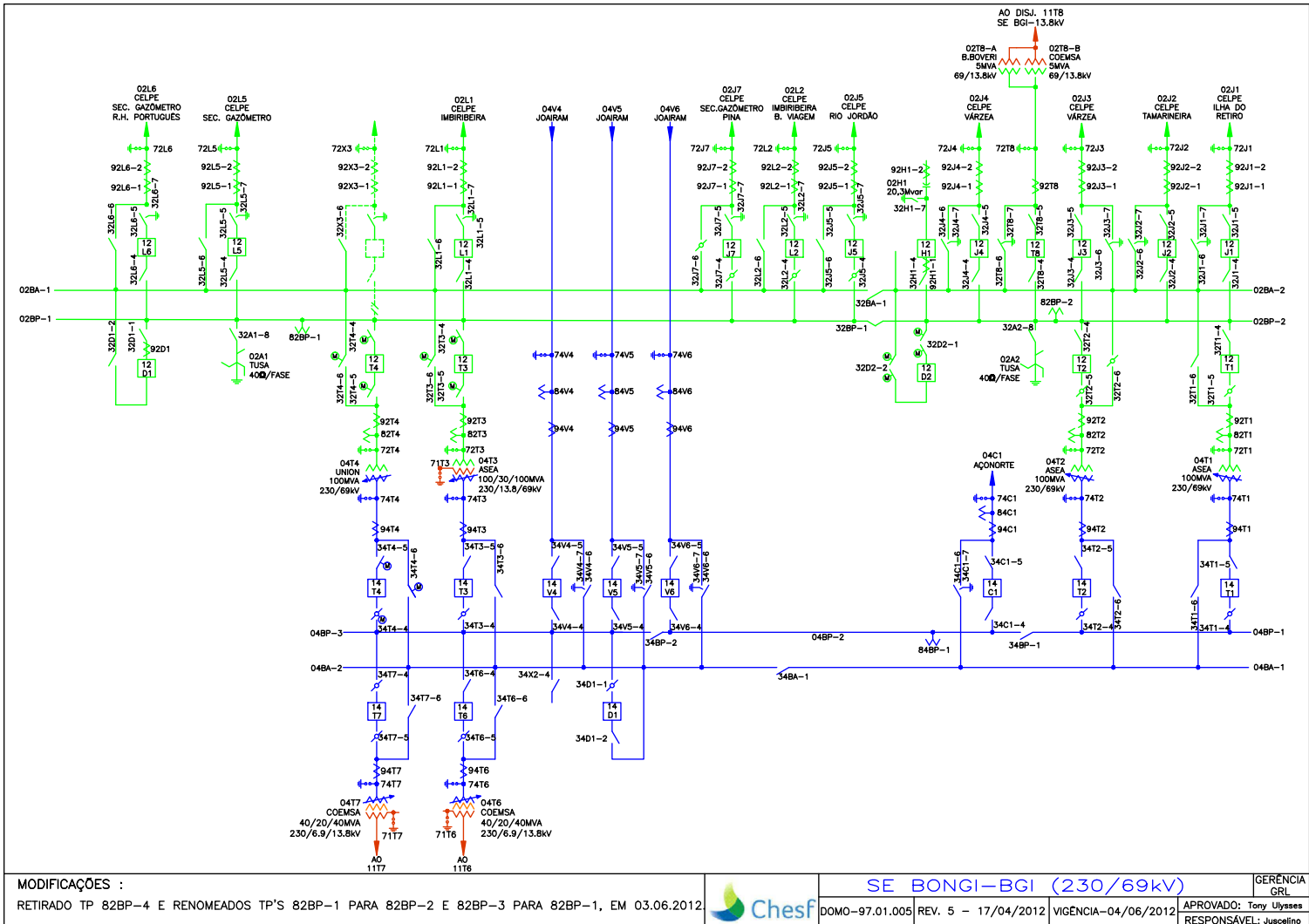
Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de AGD_KV_500, exceto 15E4-AGD.	AGD - Abrir 15L5, 15T1, 15L8, 15T2, 15E1, 15V1, 15D3, 15D1, 15L9, 15L6, 15D2, 15D4, 15D5.
Conectar 05E2-AGD, 05E3-AGD, 05E4-AGD.	AGD - Fechar 15E4.
Abrir / confirmar aberto 14T1-AGL, 14T2-AGL.	AGL - Abrir 14T1, 14T2.

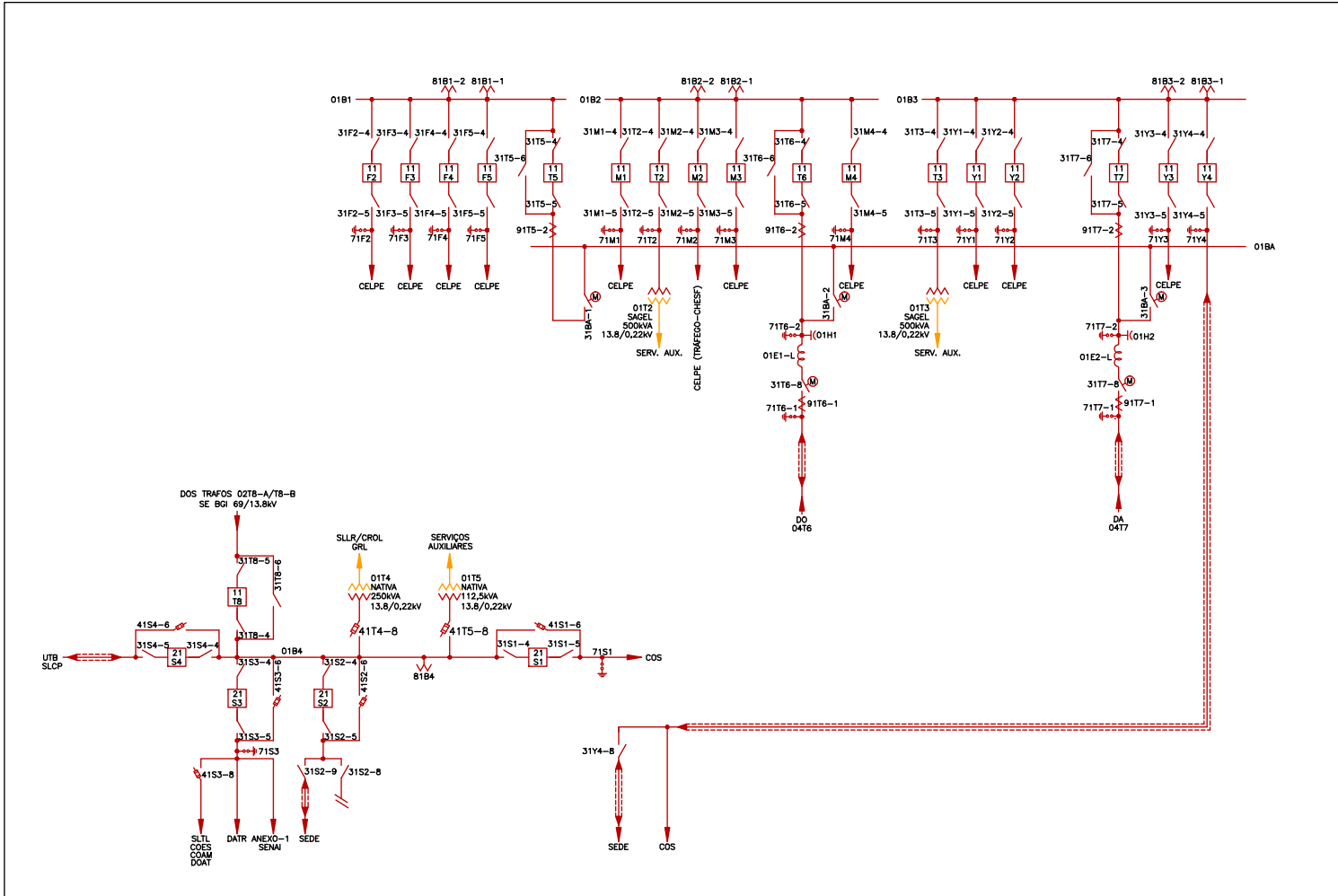
II. Reenergização

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
Energizar 05L5-AGD.	AGD - Fechar 15L5.
Energizar 05V1-AGD.	AGD - Fechar 15V1.
Conectar 05E1-AGD.	AGD - Fechar 15E1.
Fechar 15D2-AGD.	AGD - Fechar 15D2.
Fechar 15D4-AGD.	AGD - Fechar 15D4.
Fechar 15D1-AGD.	AGD - Fechar 15D1.
Energizar 05L8-AGD.	AGD - Fechar 15L8.
Energizar primário do 05T1-AGD.	AGD - Fechar 15T1.
Energizar 05L9-AGD.	AGD - Fechar 15L9.
Energizar primário do 05T1-AGD.	AGD - Fechar 15T1.
Energizar secundário do 05T1-AGD.	AGL - Fechar 14T1.
Energizar 05T2-AGD.	AGD - Fechar 15T2. AGL - Fechar 14T2.
Fechar 15D1-AGD.	AGD - Fechar 15D1.
Energizar 05L6-AGD.	AGD - Fechar 15L6.

Fechar 15D3-AGD.	AGD - Fechar 15D3.
Energizar 05L9-AGD.	AGD - Fechar 15L9.
Energizar 05V1-AGD.	AGD - Fechar 15V1.
Fechar 15D4-AGD.	AGD - Fechar 15D4.
Energizar primário do 05T2-AGD.	AGD - Fechar 15T2.
Energizar secundário do 05T2-AGD.	AGL - Fechar 14T2.
Fechar 15D5-AGD.	AGD - Fechar 15D5.

A.2 Modelo de plano estruturado da SE Bongi





MODIFICAÇÕES :
CORREÇÃO CODIFICAÇÃO BARRAMENTOS 01B1 E 01B3 E TRAF0 01T3.



SE BONGÍ-13.8kV

GERÊNCIA
GRL

DOMO - 87.01.122 REV.2 - 05/01/2011 VIGÊNCIA-05/01/2011 APROVADO: Erasmo Menezes RESPONSÁVEL: Rinaldo

Plano de Recomposição da SE BGI (Bongi)

1. Plano Estruturado

Baseado na IO-BGI.01, edição 32.

I. Preparação

Instruções	Pré-condições
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de BGI_KV_230.	-
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de BGI_KV_69.	-
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de BGI_KV_13, exceto 11T8-BGI, 11T2-BGI, 11T3-BGI, 11Y4-BGI.	-
Fechar / confirmar fechado 11T8-BGI, 11T2-BGI, 11T3-BGI, 11Y4-BGI.	-

II. Reenergização

Instruções	Pré-condições
Energizar 04V5-BGI.	Se 04V5-BGI estiver disponível. Quando houver tensão em 04V5-BGI.
Energizar 04V4-BGI.	Se 04V5-BGI estiver indisponível. Se 04V4-BGI estiver disponível. Quando houver tensão em 04V4-BGI.
Energizar primário do 04T6-BGI.	Se 04T6-BGI estiver disponível. Tape de 04T6-BGI na faixa de 6R a 12R.
Energizar primário do 04T7-BGI.	Se 04T7-BGI estiver disponível. Tape de 04T7-BGI na faixa de 6R a 12R.
Energizar secundário do 04T5-BGI.	Se 04T5-BGI estiver disponível.
Energizar secundário do 04T6-BGI.	Se 04T6-BGI estiver disponível.
Energizar secundário do 04T7-BGI.	Se 04T7-BGI estiver disponível.
Energizar cargas de BGI_KV_13.	Se tensão BGI_KV_13 estiver regulada.
Energizar 04T1-BGI.	Se 04T1-BGI estiver disponível.

	Tape de 04T1-BGI na faixa de 1 a 12.
Energizar 04T2-BGI.	Se 04T1-BGI estiver indisponível. Se 04T2-BGI estiver disponível. Tape de 04T2-BGI na faixa de 1 a 12.
Energizar 02L5-BGI, 02L6-BGI. Energizar primário do 02T8-BGI.	Se tensão BGI_KV_69 estiver regulada. Carga de BGI menor ou igual a 100 MW.
Energizar primário do 04T2-BGI.	Se 04T2-BGI estiver disponível. Tape de 04T2-BGI na faixa de 1 a 12. Carga de BGI maior que 25 MW.
Energizar 02J5-BGI.	Se 04T2-BGI estiver disponível. Carga de BGI menor ou igual a 25 MW. Se tensão BGI_KV_69 estiver regulada.
Energizar primário do 04T2-BGI.	Se 04T2-BGI estiver disponível. Tape de 04T2-BGI na faixa de 1 a 12. Carga de BGI maior que 25 MW.
Energizar secundário do 04T2-BGI.	Se 04T2-BGI estiver disponível. Tape de 04T2-BGI equiparado ao tape de 04T1-BGI.
Energizar primário do 04T3-BGI.	Se 04T2-BGI estiver indisponível. Se 04T3-BGI estiver disponível. Tape de 04T3-BGI na faixa de 1 a 12. Carga de BGI maior que 25 MW.
Energizar 02J5-BGI.	Se 04T2-BGI estiver indisponível. Se 04T3-BGI estiver disponível. Carga de BGI menor ou igual a 25 MW. Se tensão BGI_KV_69 estiver regulada.
Energizar primário do 04T3-BGI.	Se 04T2-BGI estiver indisponível. Se 04T3-BGI estiver disponível. Tape de 04T3-BGI na faixa de 1 a 12. Carga de BGI maior que 25 MW.
Energizar secundário do 04T3-BGI.	Se 04T2-BGI estiver indisponível. Se 04T3-BGI estiver disponível. Tape de 04T3-BGI equiparado ao tape de 04T1-BGI.
Energizar 04V4-BGI.	Se 04V4-BGI estiver disponível. Quando houver tensão em 04V4-BGI.
Energizar 04V6-BGI.	Se 04V4-BGI estiver indisponível. Se 04V6-BGI estiver disponível.

	Quando houver tensão em 04V6-BGI.
Energizar primário do 04T3-BGI.	Se 04T3-BGI estiver disponível. Tape de 04T3-BGI na faixa de 1 a 12. Carga de BGI maior que 75 MW.
Energizar 02J7-BGI.	Se 04T3-BGI estiver disponível. Carga de BGI menor ou igual a 75 MW. Se tensão BGI_KV_69 estiver regulada.
Energizar primário do 04T3-BGI.	Se 04T3-BGI estiver disponível. Tape de 04T3-BGI na faixa de 1 a 12. Carga de BGI maior que 75 MW.
Energizar secundário do 04T3-BGI.	Se 04T3-BGI estiver disponível. Tape de 04T3-BGI equiparado ao tape de 04T1-BGI, 04T2-BGI.
Energizar primário do 04T4-BGI.	Se 04T3-BGI estiver indisponível. Se 04T4-BGI estiver disponível. Tape de 04T4-BGI na faixa de 1 a 12. Carga de BGI maior que 75 MW.
Energizar 02J7-BGI.	Se 04T3-BGI estiver indisponível. Se 04T4-BGI estiver disponível. Carga de BGI menor ou igual a 75 MW. Se tensão BGI_KV_69 estiver regulada.
Energizar primário do 04T4-BGI.	Se 04T3-BGI estiver indisponível. Se 04T4-BGI estiver disponível. Tape de 04T4-BGI na faixa de 1 a 12. Carga de BGI maior que 75 MW.
Energizar secundário do 04T4-BGI.	Se 04T3-BGI estiver indisponível. Se 04T4-BGI estiver disponível. Tape de 04T4-BGI equiparado ao tape de 04T1-BGI, 04T2-BGI.
Energizar 02J5-BGI, 02J7-BGI, 02J1-BGI, 02J3-BGI, 02J4-BGI.	Se tensão BGI_KV_69 estiver regulada. Carga de BGI limitada à soma das potências dos trafos em operação.
Energizar primário do 04T4-BGI.	Se 04T4-BGI estiver disponível. Tape de 04T4-BGI na faixa de 6L a 2L. Carga de BGI maior que 125 MW.
Energizar secundário do 04T4-BGI.	Se 04T4-BGI estiver disponível. Tape de 04T4-BGI equiparado ao tape de 04T1-BGI, 04T2-BGI, 04T3-BGI.

Energizar 02J2-BGI, 02L1-BGI, 02L2-BGI.	Se tensão BGI_KV_69 estiver regulada.
Energizar 04C1-BGI.	-
Energizar 04V6-BGI.	Quando houver tensão em 04V6-BGI.

2. Tradução das Instruções

Considerando a rede em condições normais.

I. Preparação

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de BGI_KV_230.	BGI - Abrir 14T3, 14V6, 14T6, 14V5, 14T2, 14C1, 14T7, 14D1, 14T1, 14T4, 14V4.
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de BGI_KV_69.	BGI - Abrir 12T4, 12L1, 12L2, 12J3, 12T3, 12J2, 12T2, 12T1, 12L6, 12D2, 12J7, 12D1, 12L5, 12H1, 12J1, 12J5, 12T8, 12J4.

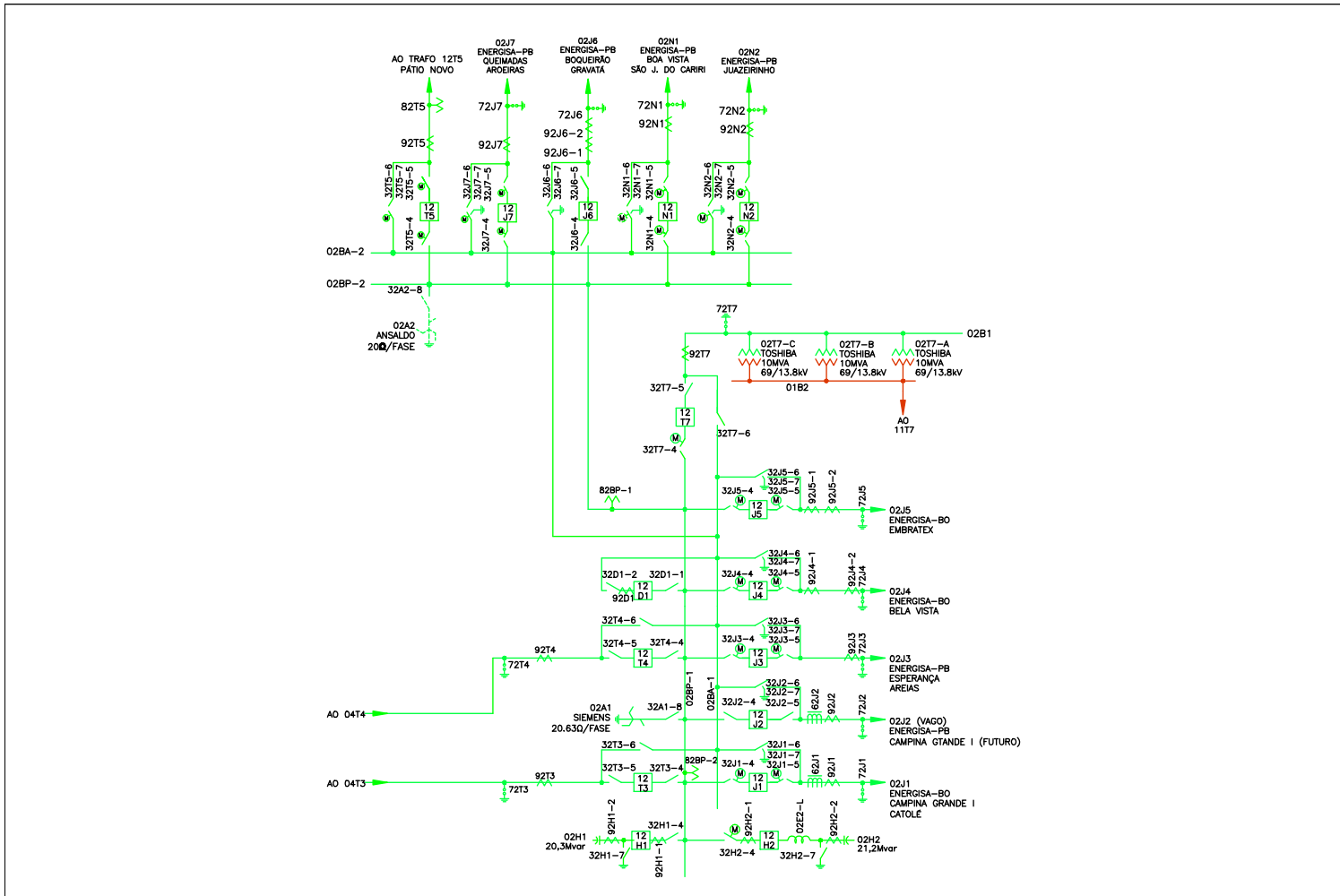
II. Reenergização

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
Energizar 04V5-BGI.	BGI - Fechar 14V5.
Energizar 04V4-BGI.	BGI - Fechar 14V4.
Energizar primário do 04T6-BGI.	BGI - Fechar 14T6.
Energizar primário do 04T7-BGI.	BGI - Fechar 14T7.
Energizar secundário do 04T5-BGI.	BGI - Fechar 11T5.
Energizar secundário do 04T6-BGI.	BGI - Fechar 11T6.
Energizar secundário do 04T7-BGI.	BGI - Fechar 11T7.
Energizar cargas de BGI_KV_13.	BGI - Fechar 11F5. BGI - Fechar 11Y2. BGI - Fechar 11M4. BGI - Fechar 11Y4. BGI - Fechar 11F4. BGI - Fechar 11F2. BGI - Fechar 11Y3. BGI - Fechar 11Y1.

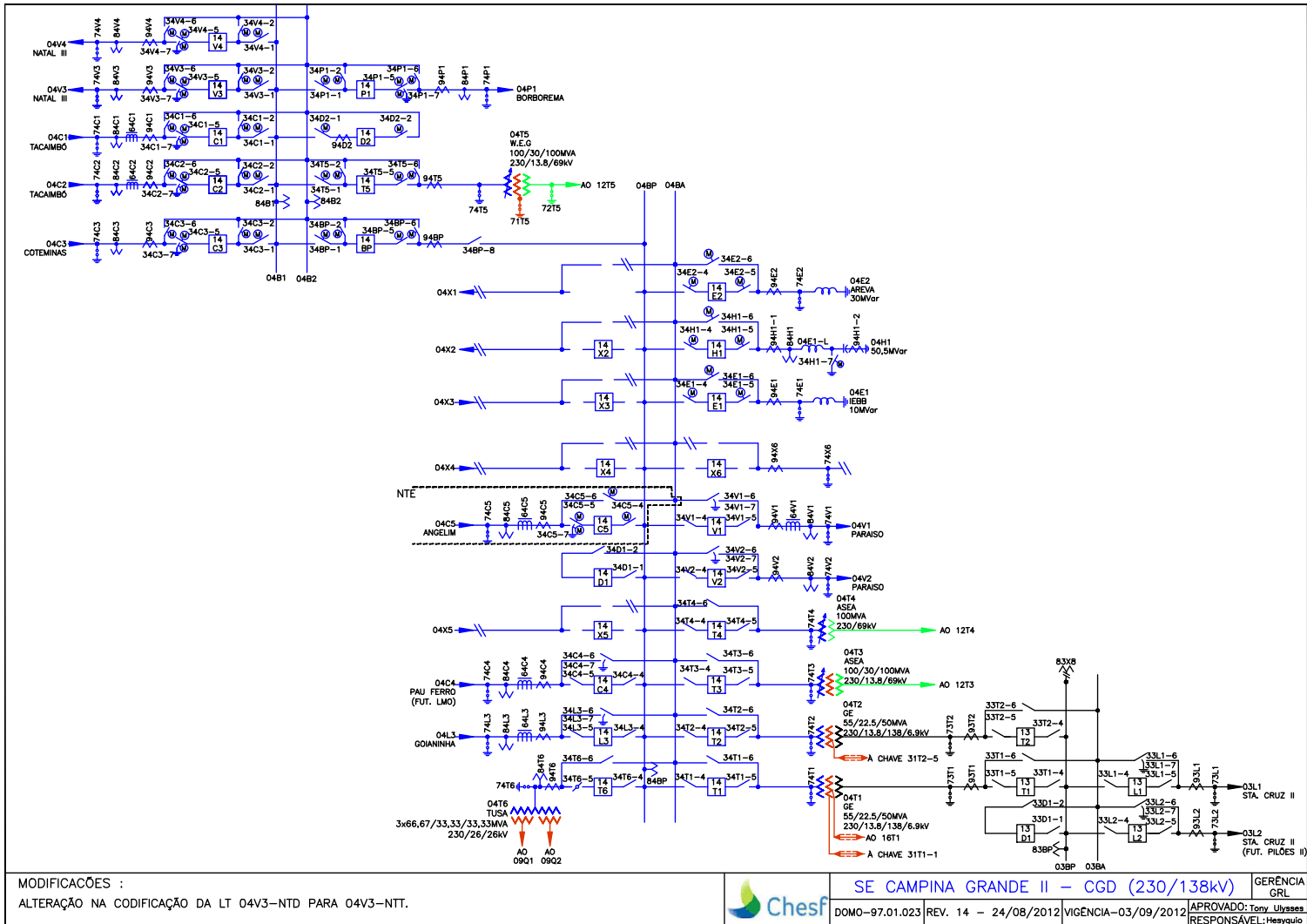
	BGI - Fechar 11M3. BGI - Fechar 11M2. BGI - Fechar 11F3. BGI - Fechar 11M1.
Energizar 04T1-BGI.	BGI - Fechar 14T1. BGI - Fechar 12T1.
Energizar 04T2-BGI.	BGI - Fechar 14T2. BGI - Fechar 12T2.
Energizar 02L5-BGI, 02L6-BGI. Energizar primário do 02T8-BGI.	BGI - Fechar 12L5. BGI - Fechar 12L6. BGI - Fechar 12T8.
Energizar primário do 04T2-BGI.	BGI - Fechar 14T2.
Energizar 02J5-BGI.	BGI - Fechar 12J5.
Energizar primário do 04T2-BGI.	BGI - Fechar 14T2.
Energizar secundário do 04T2-BGI.	BGI - Fechar 12T2.
Energizar primário do 04T3-BGI.	BGI - Fechar 14T3.
Energizar 02J5-BGI.	BGI - Fechar 12J5.
Energizar primário do 04T3-BGI.	BGI - Fechar 14T3.
Energizar secundário do 04T3-BGI.	BGI - Fechar 12T3.
Energizar 04V4-BGI.	BGI - Fechar 14V4.
Energizar 04V6-BGI.	BGI - Fechar 14V6.
Energizar primário do 04T3-BGI.	BGI - Fechar 14T3.
Energizar 02J7-BGI.	BGI - Fechar 12J7.
Energizar primário do 04T3-BGI.	BGI - Fechar 14T3.
Energizar secundário do 04T3-BGI.	BGI - Fechar 12T3.
Energizar primário do 04T4-BGI.	BGI - Fechar 14T4.
Energizar 02J7-BGI.	BGI - Fechar 12J7.
Energizar primário do 04T4-BGI.	BGI - Fechar 14T4.
Energizar secundário do 04T4-BGI.	BGI - Fechar 12T4.
Energizar 02J5-BGI, 02J7-BGI, 02J1-BGI, 02J3-BGI, 02J4-BGI.	BGI - Fechar 12J5. BGI - Fechar 12J7. BGI - Fechar 12J1.

	BGI - Fechar 12J3. BGI - Fechar 12J4.
Energizar primário do 04T4-BGI.	BGI - Fechar 14T4.
Energizar secundário do 04T4-BGI.	BGI - Fechar 12T4.
Energizar 02J2-BGI, 02L1-BGI, 02L2-BGI.	BGI - Fechar 12J2. BGI - Fechar 12L1. BGI - Fechar 12L2.
Energizar 04C1-BGI.	BGI - Fechar 14C1.
Energizar 04V6-BGI.	BGI - Fechar 14V6.

A.3 Modelo de plano estruturado da SE Campina Grande II



MODIFICAÇÕES : RETIRADA DA BNOBINA DE BLOQUEIO 62J4, EM 10.10.2012.		SE CAMPINA GRANDE II – CGD 69 kV		GERÊNCIA GRI
		DOMO–10.01.177	REV. 14 – 11/10/2012	VIGÊNCIA–15/10/2012



Plano de Recomposição da SE CGD (Campina Grande)

1. Plano Estruturado

Baseado na IO-CGD.01, edição 50.

I. Preparação

Instruções	Pré-condições
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de CGD, exceto 11T1-CGD, 11C1-CGD, 11E1-CGD, 11E2-CGD.	-
Fechar / confirmar fechado 11T1-CGD, 11C1-CGD, 11E1-CGD, 11E2-CGD.	-

II. Reenergização

Instruções	Pré-condições
Energizar 04C5-CGD.	Se 04C5-CGD estiver disponível. Quando houver tensão em 04C5-CGD.
Energizar 04C2-CGD.	Se 04C5-CGD estiver indisponível. Se 04C2-CGD estiver disponível. Quando houver tensão em 04C2-CGD.
Energizar 04T1-CGD.	Se 01E1-CGD e 01B1-CGD conectados. Se 01E2-CGD e 01B1-CGD conectados.
Energizar 04T3-CGD.	Se 04T3-CGD estiver disponível. Tape de 04T3-CGD na faixa de 1 a 6. Tensão de 04BP-CGD menor ou igual a 242 kV.
Energizar 04T4-CGD.	Se 04T3-CGD estiver indisponível. Se 04T4-CGD estiver disponível. Tape de 04T4-CGD na faixa de 1 a 6. Tensão de 04BP-CGD menor ou igual a 242 kV.
Energizar 02J3-CGD, 02J2-CGD.	Se tensão CGD_KV_69 estiver regulada. Carga de CGD menor ou igual a 40 MW.
Energizar 02J5-CGD.	Se 02J3-CGD estiver indisponível.
Energizar 02J5-CGD.	Se 02J2-CGD estiver indisponível.
Energizar 04V2-CGD.	Se 04V2-CGD estiver disponível.

	Tensão de 04BP-CGD menor ou igual a 230 kV.
Energizar 04V1-CGD.	Se 04V2-CGD estiver indisponível. Se 04V1-CGD estiver disponível. Tensão de 04BP-CGD menor ou igual a 226 kV.
Energizar 04C1-CGD.	Se 04C1-CGD estiver disponível. Quando houver tensão em 04C1-CGD.
Energizar 04C2-CGD.	Se 04C1-CGD estiver indisponível. Se 04C2-CGD estiver disponível. Quando houver tensão em 04C2-CGD.
Energizar 04L3-CGD.	Se 04L3-CGD estiver disponível. Quando houver tensão em 04L3-CGD.
Energizar 04C2-CGD.	Se 04L3-CGD estiver indisponível. Se 04C2-CGD estiver disponível. Quando houver tensão em 04C2-CGD.
Energizar 04V1-CGD.	Tensão de 04BP-CGD menor ou igual a 226 kV.
Energizar 02T7-CGD.	-
Energizar 02J6-CGD, 01Y1-CGD, 01Y4-CGD.	Se tensão CGD_KV_69 estiver regulada. Se tensão CGD_KV_13 estiver regulada. Carga de CGD menor ou igual a 80 MW.
Energizar 04C3-CGD.	Se 04C3-CGD estiver disponível. Quando houver tensão em 04C3-CGD.
Energizar 04C4-CGD.	Se 04C3-CGD estiver indisponível. Se 04C4-CGD estiver disponível. Quando houver tensão em 04C4-CGD.
Energizar 04C2-CGD.	Se 04C2-CGD estiver disponível. Quando houver tensão em 04C2-CGD.
Energizar primário do 04T4-CGD.	Se 04T4-CGD estiver disponível. Tape de 04T4-CGD na faixa de 1 a 6. Carga de CGD maior que 25 MW.
Energizar secundário do 04T4-CGD.	Se 04T4-CGD estiver disponível. Tape de 04T4-CGD equiparado ao tape de 04T3-CGD.
Energizar primário do 04T5-CGD.	Se 04T4-CGD estiver indisponível. Se 04T5-CGD estiver disponível. Tape de 04T5-CGD na faixa de 1 a 6. Carga de CGD maior que 25 MW.
Energizar secundário do 04T5-CGD.	Se 04T4-CGD estiver indisponível.

	Se 04T5-CGD estiver disponível. Tape de 04T5-CGD equiparado ao tape de 04T3-CGD.
Energizar 02J5-CGD.	Se tensão CGD_KV_69 estiver regulada. Carga de CGD menor ou igual a 110 MW.
Energizar primário do 04T5-CGD.	Se 04T5-CGD estiver disponível. Tape de 04T5-CGD na faixa de 1 a 6. Carga de CGD maior que 75 MW. Tensão de 04T5-CGD menor ou igual a 242 kV.
Energizar secundário do 04T5-CGD.	Se 04T5-CGD estiver disponível. Tape de 04T5-CGD equiparado ao tape de 04T3-CGD, 04T4-CGD.
Energizar primário do 04T2-CGD.	Tensão de 04T2-CGD menor ou igual a 242 kV.
Energizar secundário do 04T2-CGD.	-
Energizar 02J1-CGD, 02J4-CGD, 01Y2-CGD, 01Y3-CGD, 01Y5-CGD, 01Y6-CGD.	Se tensão CGD_KV_69 estiver regulada. Se tensão CGD_KV_13 estiver regulada.
Energizar 03L1-CGD.	Se 03L1-CGD estiver disponível.
Energizar 03L2-CGD.	Se 03L2-CGD estiver disponível.
Energizar 04T6-CGD.	Chave seletora de regulação de 04T6-CGD na posição MANUAL.
Conectar 09Q1-CGD, 09Q2-CGD.	Chave seletora de regulação de 04T6-CGD na posição MANUAL.
Energizar 04C4-CGD.	Quando houver tensão em 04C4-CGD.
Energizar 04V4-CGD.	Tensão de 04B1-CGD menor ou igual a 239 kV.
Energizar 04V3-CGD.	-
Conectar 01K1-CGD.	Regulador de tensão de 01K1-CGD na posição MANUAL.

2. Tradução das Instruções

Considerando a rede em condições normais.

I. Preparação

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
--------------------------	---------------------------

Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de CGD, exceto 11T1-CGD, 11C1-CGD, 11E1-CGD, 11E2-CGD.	CGD - Abrir 14V3, 14C3, 14E2, 14C1, 14BP, 14V1, 14P1, 14T4, 14H1, 14V2, 14V4, 14T5, 14T2, 14D1, 14D2, 14C4, 14C5, 14T1, 14E1, 14T3, 14C2, 14T6, 14L3, 13T2, 13L1, 13T1, 13D1, 13L2, 12J7, 12T4, 12D1, 12N2, 12J1, 12T7, 12J5, 12J4, 12T5, 12J6, 12T3, 12N1, 12J3, 12J2, 12H2, 12H1, 19Q1, 19Q2, 11Y4, 11Y3, 11K1, 11Y2, 11Y6, 11T7, 11Y5, 11Y1, 11T2, 11D1.
Fechar / confirmar fechado 11T1-CGD, 11C1-CGD, 11E1-CGD, 11E2-CGD.	CGD - Fechar 11T1, 11C1, 11E1, 11E2.

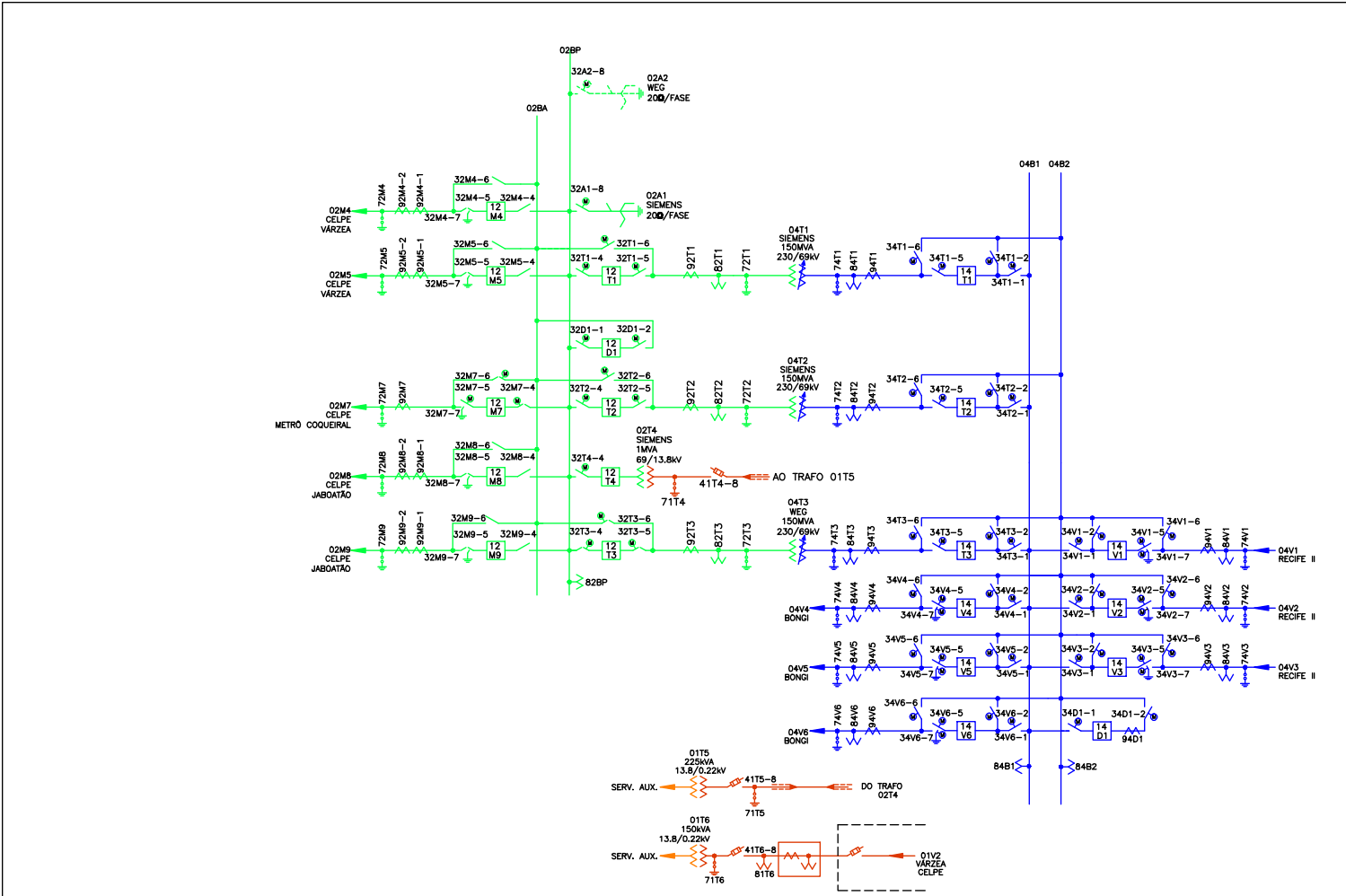
II. Reenergização

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
Energizar 04C5-CGD.	CGD - Fechar 14C5.
Energizar 04C2-CGD.	CGD - Fechar 14C2.
Energizar 04T1-CGD.	CGD - Fechar 14T1. CGD - Fechar 13T1. CGD - Fechar 11T1.
Energizar 04T3-CGD.	CGD - Fechar 14T3. CGD - Fechar 12T3.
Energizar 04T4-CGD.	CGD - Fechar 14T4. CGD - Fechar 12T4.
Energizar 02J3-CGD, 02J2-CGD.	CGD - Fechar 32J2-4. CGD - Fechar 32J2-5. CGD - Fechar 12J3. CGD - Fechar 12J2.
Energizar 02J5-CGD.	CGD - Fechar 12J5.
Energizar 02J5-CGD.	CGD - Fechar 12J5.
Energizar 04V2-CGD.	CGD - Fechar 14V2.
Energizar 04V1-CGD.	CGD - Fechar 14V1.
Energizar 04C1-CGD.	CGD - Fechar 14C1.
Energizar 04C2-CGD.	CGD - Fechar 14C2.
Energizar 04L3-CGD.	CGD - Fechar 14L3.

Energizar 04C2-CGD.	CGD - Fechar 14C2.
Energizar 04V1-CGD.	CGD - Fechar 14V1.
Energizar 02T7-CGD.	CGD - Fechar 12T7. CGD - Fechar 11T7.
Energizar 02J6-CGD, 01Y1-CGD, 01Y4-CGD.	CGD - Fechar 12J6. CGD - Fechar 11Y1. CGD - Fechar 11Y4.
Energizar 04C3-CGD.	CGD - Fechar 14C3.
Energizar 04C4-CGD.	CGD - Fechar 14C4.
Energizar 04C2-CGD.	CGD - Fechar 14C2.
Energizar primário do 04T4-CGD.	CGD - Fechar 14T4.
Energizar secundário do 04T4-CGD.	CGD - Fechar 12T4.
Energizar primário do 04T5-CGD.	CGD - Fechar 14T5.
Energizar secundário do 04T5-CGD.	CGD - Fechar 12T5.
Energizar 02J5-CGD.	CGD - Fechar 12J5.
Energizar primário do 04T5-CGD.	CGD - Fechar 14T5.
Energizar secundário do 04T5-CGD.	CGD - Fechar 12T5.
Energizar primário do 04T2-CGD.	CGD - Fechar 14T2.
Energizar secundário do 04T2-CGD.	CGD - Fechar 13T2.
Energizar 02J1-CGD, 02J4-CGD, 01Y2-CGD, 01Y3-CGD, 01Y5-CGD, 01Y6-CGD.	CGD - Fechar 12J1. CGD - Fechar 12J4. CGD - Fechar 11Y2. CGD - Fechar 11Y3. CGD - Fechar 11Y5. CGD - Fechar 11Y6.
Energizar 03L1-CGD.	CGD - Fechar 13L1.
Energizar 03L2-CGD.	CGD - Fechar 13L2.
Energizar 04T6-CGD.	CGD - Fechar 14T6.
Conectar 09Q1-CGD, 09Q2-CGD.	CGD - Fechar 19Q1. CGD - Fechar 19Q2.
Energizar 04C4-CGD.	CGD - Fechar 14C4.
Energizar 04V4-CGD.	CGD - Fechar 14V4.

Energizar 04V3-CGD.	CGD - Fechar 14V3.
Conectar 01K1-CGD.	CGD - Fechar 11K1.

A.4 Modelo de plano estruturado da SE Joairam



MODIFICAÇÕES :
ENERGIZAÇÃO DA LT 02M7-METRÔ COQUEIRAL 69kV.

	SE JOAIRAM-JRM			GERÊNCIA
	DOMO-05.01.082	REV. 6 - 09/03/2012	VIGÊNCIA-01/10/2012	CRL
			APROVADO: Tony Ulysses	
			RESPONSÁVEL: Rinaldo	

Plano de Recomposição da SE JRM (Joairam)

1. Plano Estruturado

Baseado na IO-JRM.01, edição 12.

I. Preparação

Instruções	Pré-condições
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de JRM_KV_230, exceto 14D1-JRM.	-
Fechar / confirmar fechado 14D1-JRM.	-
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de JRM_KV_69.	-

II. Reenergização

Instruções	Pré-condições
Energizar 04V1-JRM.	Se 04V1-JRM estiver disponível. Quando houver tensão em 04V1-JRM.
Energizar 04V3-JRM.	Se 04V1-JRM estiver indisponível. Se 04V3-JRM estiver disponível. Quando houver tensão em 04V3-JRM.
Energizar 04V5-JRM.	Se 04V5-JRM estiver disponível.
Energizar 04V4-JRM.	Se 04V5-JRM estiver indisponível. Se 04V4-JRM estiver disponível. Se 04B1-JRM e 04B2-JRM acoplados.
Energizar primário do 04T1-JRM.	Se 04T1-JRM estiver disponível. Tape de 04T1-JRM na faixa de 1 a 7.
Energizar 04T2-JRM.	Se 04T1-JRM estiver indisponível. Se 04T2-JRM estiver disponível. Tape de 04T2-JRM na faixa de 1 a 7.
Energizar secundário do 04T1-JRM.	Se 04T1-JRM estiver disponível.
Energizar 02T4-JRM, 02M4-JRM, 02M5-JRM.	Se tensão JRM_KV_69 estiver regulada. Carga de JRM_69_KV menor que 70 MW.
Energizar 04V2-JRM.	Se 04V2-JRM estiver disponível.

	Quando houver tensão em 04V2-JRM.
Energizar 04V3-JRM.	Se 04V2-JRM estiver indisponível. Se 04V3-JRM estiver disponível. Quando houver tensão em 04V3-JRM.
Energizar 04V4-JRM.	Se 04V4-JRM estiver disponível.
Energizar 04V6-JRM.	Se 04V4-JRM estiver indisponível. Se 04V6-JRM estiver disponível.
Energizar primário do 04T2-JRM.	Tensão de JRM menor ou igual a 242 kV. Tape de 04T2-JRM na faixa de 1 a 7.
Energizar secundário do 04T2-JRM.	Tape de 04T2-JRM equiparado ao tape de 04T1-JRM.
Energizar 02M8-JRM, 02M9-JRM.	Se 02M8-JRM estiver disponível. Se 02M9-JRM estiver disponível. Se tensão JRM_KV_69 estiver regulada.
Energizar 04V3-JRM.	Se 04V3-JRM estiver disponível. Quando houver tensão em 04V3-JRM.
Energizar 04V6-JRM.	-

2. Tradução das Instruções

Considerando a rede em condições normais.

I. Preparação

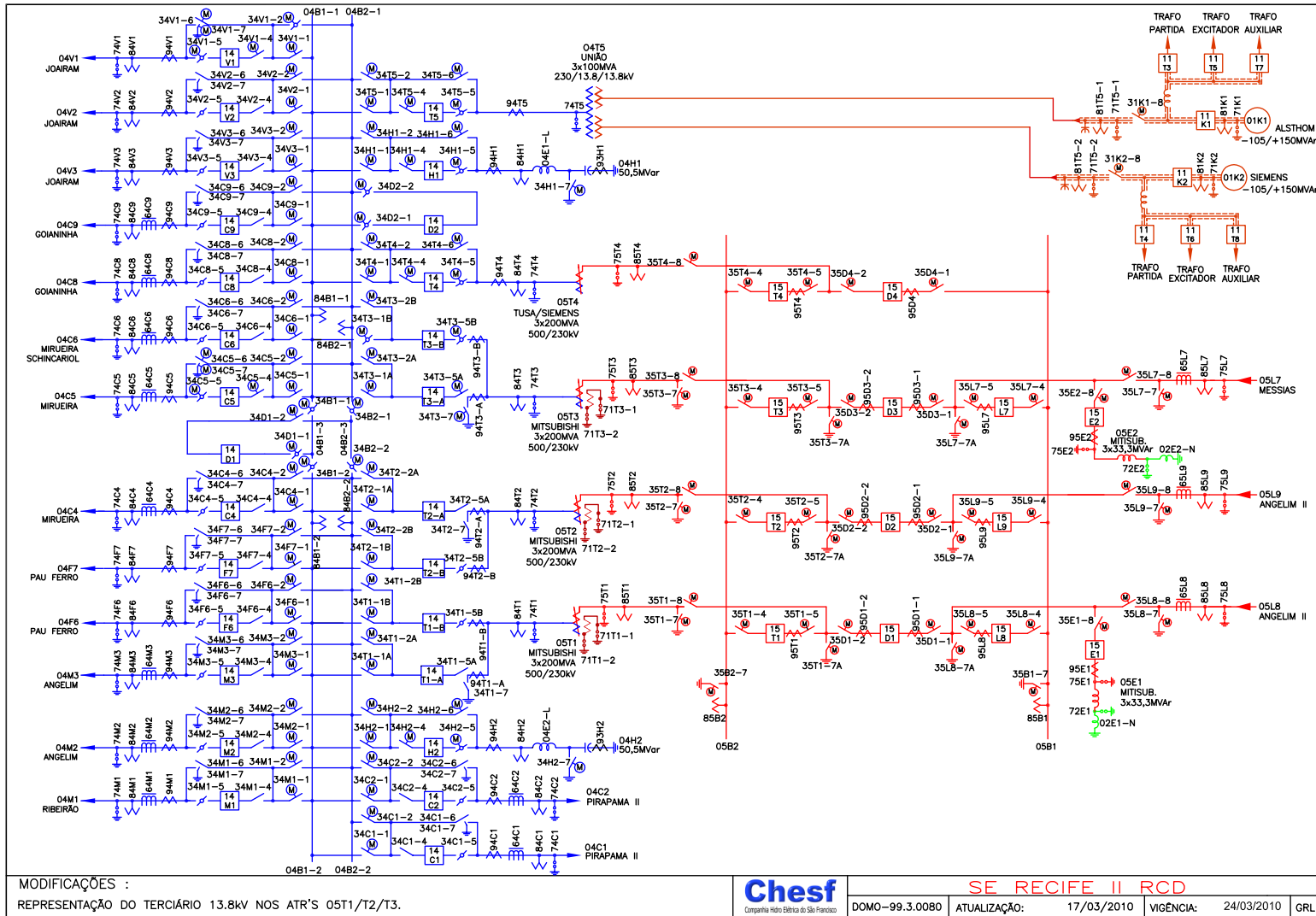
Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de JRM_KV_230, exceto 14D1-JRM.	JRM - Abrir 14V6, 14T2, 14V1, 14V3, 14V4, 14V2, 14T1, 14V5, 14T3.
Fechar / confirmar fechado 14D1-JRM.	JRM - Fechar 14D1.
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de JRM_KV_69.	JRM - Abrir 12M8, 12M9, 12M5, 12T4, 12T3, 12T1, 12M7, 12T2, 12M4, 12D1.

II. Reenergização

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
Energizar 04V1-JRM.	JRM - Fechar 14V1.
Energizar 04V3-JRM.	JRM - Fechar 14V3.

Energizar 04V5-JRM.	JRM - Fechar 14V5.
Energizar 04V4-JRM.	JRM - Fechar 14V4.
Energizar primário do 04T1-JRM.	JRM - Fechar 14T1.
Energizar 04T2-JRM.	JRM - Fechar 14T2. JRM - Fechar 12T2.
Energizar secundário do 04T1-JRM.	JRM - Fechar 12T1.
Energizar 02T4-JRM, 02M4-JRM, 02M5-JRM.	JRM - Fechar 12T4. JRM - Fechar 12M4. JRM - Fechar 12M5.
Energizar 04V2-JRM.	JRM - Fechar 14V2.
Energizar 04V3-JRM.	JRM - Fechar 14V3.
Energizar 04V4-JRM.	JRM - Fechar 14V4.
Energizar 04V6-JRM.	JRM - Fechar 14V6.
Energizar primário do 04T2-JRM.	JRM - Fechar 14T2.
Energizar secundário do 04T2-JRM.	JRM - Fechar 12T2.
Energizar 02M8-JRM, 02M9-JRM.	JRM - Fechar 12M8. JRM - Fechar 12M9.
Energizar 04V3-JRM.	JRM - Fechar 14V3.
Energizar 04V6-JRM.	JRM - Fechar 14V6.

A.5 Modelo de plano estruturado da SE Recife II



Plano de Recomposição da SE RCD (Recife)

1. Plano Estruturado

Baseado na IO-RCD.01, edição 58.

ANEXO I – Recomposição com blackout no Sistema Nordeste

I. Preparação

Instruções	Pré-condições
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de RCD_KV_500, exceto 15E1-RCD, 15E2-RCD.	-
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de RCD_KV_230, exceto 14D1-RCD.	-
Fechar / confirmar fechado 15E1-RCD.	Se 05E1-RCD, 15E1-RCD estiver disponível.
Abrir / confirmar aberto 15E2-RCD. Isolar 05L7-RCD. Fechar 15E2-RCD, 15L7-RCD, 15L8-RCD.	Se 05L8-RCD estiver disponível. Se 05E1-RCD / 15E1-RCD estiver indisponível.
Abrir / confirmar aberto 15E1-RCD. Isolar 05L8-RCD. Fechar 15E1-RCD, 15L8-RCD, 15L9-RCD.	Se 05L8-RCD estiver indisponível. Se 05E1-RCD, 15E1-RCD estiver disponível.
Abrir / confirmar aberto 15E2-RCD. Isolar 05L7-RCD. Fechar 15E2-RCD, 15L7-RCD, 15L9-RCD.	Se 05L8-RCD estiver indisponível. Se 05E1-RCD / 15E1-RCD estiver indisponível.
Fechar / confirmar fechado 14D1-RCD.	Se 14D1-RCD estiver disponível.
Fechar / confirmar fechado 14D2-RCD.	Se 14D1-RCD estiver indisponível.

II. Reenergização - Fase Fluente

Instruções	Pré-condições
Energizar 05L8-RCD.	Se 05L8-RCD estiver disponível. Quando houver tensão em 05L8-RCD.
Energizar 05L9-RCD.	Se 05L8-RCD estiver indisponível. Se 05L9-RCD estiver disponível. Quando houver tensão em 05L9-RCD.

Fechar 15D1-RCD. Energizar primário do 05T1-RCD.	Se 05T1-RCD, 15D1-RCD estiver disponível. Tape de 05T1-RCD na posição 20. Tensão de 05T1-RCD menor ou igual a 487 kV.
Isolar 05L9-RCD. Fechar 15L9-RCD. Fechar 15D2-RCD. Energizar primário do 05T2-RCD.	Se 05T1-RCD / 15D1-RCD estiver indisponível. Se 05L8-RCD, 05T2-RCD, 15D2-RCD estiver disponível. Tape de 05T2-RCD na posição 20. Tensão de 05T2-RCD menor ou igual a 487 kV.
Energizar secundário do 05T1-RCD.	Se 05T1-RCD, 15D1-RCD estiver disponível. Se 04B1-RCD e 04B2-RCD acoplados.
Energizar secundário do 05T2-RCD.	Se 05T1-RCD / 15D1-RCD estiver indisponível. Se 05T2-RCD, 15D2-RCD estiver disponível. Se 04B1-RCD e 04B2-RCD acoplados.
Energizar 04V1-RCD.	Se 04V1-RCD estiver disponível. Tensão na barra conectada a 04V1-RCD menor ou igual a 226 kV.
Energizar 04V3-RCD.	Se 04V1-RCD estiver indisponível. Se 04V3-RCD estiver disponível. Tensão na barra conectada a 04V3-RCD menor ou igual a 226 kV.
Energizar 04C1-RCD.	Se 04C1-RCD estiver disponível. Tensão na barra conectada a 04C1-RCD menor ou igual a 226 kV.
Energizar 04C2-RCD.	Se 04C1-RCD estiver indisponível. Se 04C2-RCD estiver disponível. Tensão na barra conectada a 04C2-RCD menor ou igual a 226 kV.
Energizar 04V2-RCD.	Se 04V2-RCD estiver disponível. Tensão de 04V2-RCD menor ou igual a 230 kV. Potência de 05T1-RCD / 05T2-RCD maior que 100 MW. Fluxo de potência ativo em 1 LT(s) RCD/JRM.
Energizar 04V3-RCD.	Se 04V2-RCD estiver indisponível. Se 04V3-RCD estiver disponível. Tensão de 04V3-RCD menor ou igual a 230 kV. Potência de 05T1-RCD / 05T2-RCD maior que 100 MW. Fluxo de potência ativo em 1 LT(s) RCD/JRM.

Energizar 04C2-RCD.	Tensão de 04C2-RCD menor ou igual a 230 kV. Fluxo de potência ativo em 2 LT(s) RCD/JRM.
Energizar 04F6-RCD.	Se 04F6-RCD estiver disponível. Tensão na barra conectada a 04F6-RCD menor ou igual a 230 kV. Fluxo em 05T1-RCD / 05T2-RCD maior ou igual a 150 MW.
Energizar 04F7-RCD.	Se 04F6-RCD estiver indisponível. Se 04F7-RCD estiver disponível. Tensão na barra conectada a 04F7-RCD menor ou igual a 230 kV. Fluxo em 05T1-RCD / 05T2-RCD maior ou igual a 150 MW.
Energizar 04C5-RCD.	Se 04C5-RCD estiver disponível. Tensão na barra conectada a 04C5-RCD menor ou igual a 230 kV. Fluxo em 05T1-RCD / 05T2-RCD maior ou igual a 150 MW.
Energizar 04C4-RCD.	Se 04C5-RCD estiver indisponível. Se 04C4-RCD estiver disponível. Tensão na barra conectada a 04C4-RCD menor ou igual a 230 kV. Fluxo em 05T1-RCD / 05T2-RCD maior ou igual a 150 MW.
Fechar 15D4-RCD. Energizar primário do 05T4-RCD.	Se 05T4-RCD, 15D4-RCD estiver disponível. Tape de 05T4-RCD equiparado ao tape do ATR em operação. Tensão de 05T4-RCD menor ou igual a 520 kV. Fluxo em 05T1-RCD / 05T2-RCD maior ou igual a 300 MW.
Fechar 15D4-RCD. Energizar primário do 05T2-RCD.	Se 05T4-RCD, 05L7-RCD estiver indisponível. Se 05T2-RCD, 15D4-RCD estiver disponível. Tape de 05T2-RCD equiparado ao tape do ATR em operação. Tensão de 05T2-RCD menor ou igual a 520 kV. Fluxo em 05T1-RCD / 05T2-RCD maior ou igual a 300 MW.
Fechar 15D4-RCD.	Se 05T4-RCD estiver indisponível.

Energizar primário do 05T3-RCD.	Se 05T3-RCD, 15D4-RCD estiver disponível. Tape de 05T3-RCD equiparado ao tape do ATR em operação. Tensão de 05T3-RCD menor ou igual a 520 kV. Fluxo em 05T1-RCD / 05T2-RCD maior ou igual a 250 MW.
Energizar secundário do 05T4-RCD.	Se 05T4-RCD, 15D4-RCD estiver disponível. Tape de 05T4-RCD equiparado ao tape do ATR em operação.
Energizar secundário do 05T3-RCD.	Se 05T4-RCD estiver indisponível. Se 05T3-RCD, 15D4-RCD estiver disponível. Tape de 05T3-RCD equiparado ao tape do ATR em operação. Tensão de 05T3-RCD-SEC menor ou igual a 242 kV. Se 04B1-RCD e 04B2-RCD acoplados.
Energizar 04C8-RCD.	Se 04C8-RCD estiver disponível. Tensão de 04C8-RCD menor ou igual a 225 kV. Se 2 ATRs em operação em RCD_KV_500.
Energizar 04C9-RCD.	Se 04C8-RCD estiver indisponível. Se 04C9-RCD estiver disponível. Tensão de 04C9-RCD menor ou igual a 225 kV. Se 2 ATRs em operação em RCD_KV_500.

III. Reenergização - Fase Coordenada

Instruções	Pré-condições
Energizar 05L9-RCD.	Quando houver tensão em 05L9-RCD.
Fechar 15D2-RCD. Energizar primário do 05T2-RCD.	Se 05T2-RCD, 15D2-RCD estiver disponível. Tensão de 05T2-RCD menor ou igual a 520 kV. Se 05E1-RCD estiver energizado. Tape de 05T2-RCD equiparado ao tape do ATR em operação. Fluxo em 05T1-RCD, 05T3-RCD, 05T4-RCD maior ou igual a 300 MW.
Fechar 15D2-RCD. Energizar primário do 05T3-RCD.	Se 05T2-RCD estiver indisponível. Se 05T3-RCD, 15D2-RCD estiver disponível.

	Tensão de 05T3-RCD menor ou igual a 520 kV. Se 05E1-RCD estiver energizado. Tape de 05T3-RCD equiparado ao tape do ATR em operação. Fluxo em 05T1-RCD, 05T4-RCD maior ou igual a 300 MW.
Energizar secundário do 05T2-RCD.	Se 05T2-RCD, 15D2-RCD estiver disponível.
Energizar secundário do 05T3-RCD.	Se 05T2-RCD estiver indisponível. Se 05T3-RCD, 15D2-RCD estiver disponível.
Energizar 04V3-RCD.	Tensão de 04V3-RCD menor que 240 kV. Se 2 LT(s) RCD/JRM em operação em RCD_KV_230.
Energizar 04C4-RCD.	Tensão de 04C4-RCD menor que 240 kV. Fluxo de potência ativo em 3 LT(s) RCD/JRM.
Energizar 04C9-RCD.	Tensão de 04C9-RCD menor que 240 kV. Fluxo de potência ativo em 2 LT(s) RCD/MRR.
Energizar 04F7-RCD.	Tensão de 04F7-RCD menor que 240 kV. Fluxo de potência ativo em 1 LT(s) RCD/PFE.
Energizar 04M2-RCD.	-
Energizar 04M3-RCD.	-
Energizar 05L7-RCD.	Quando houver tensão em 05L7-RCD. Se 05E2-RCD estiver energizado.
Fechar 15D3-RCD. Energizar 05T3-RCD.	Tape de 05T3-RCD equiparado ao tape do ATR em operação. Fluxo em 05T1-RCD, 05T2-RCD, 05T4-RCD maior que 600 MW.
Abrir / confirmar aberto 14D1-RCD, 14D2-RCD.	-
Energizar 04C6-RCD.	-
Energizar 04M1-RCD.	-
Energizar 04T5-RCD.	-
Conectar 01K1-RCD, 01K2-RCD.	-

ANEXO II – Recomposição com Desligamento apenas da Subestação ou parcial da Região Nordeste

I. Preparação

Instruções	Pré-condições
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de RCD_KV_500, exceto 15E1-RCD, 15E2-RCD.	-
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de RCD_KV_230, exceto 14D1-RCD.	-
Fechar / confirmar fechado 15E1-RCD.	Se 05E1-RCD, 15E1-RCD estiver disponível.
Abrir / confirmar aberto 15E2-RCD. Isolar 05L7-RCD. Fechar 15E2-RCD, 15L7-RCD, 15L8-RCD.	Se 05L8-RCD estiver disponível. Se 05E1-RCD / 15E1-RCD estiver indisponível.
Abrir / confirmar aberto 15E1-RCD. Isolar 05L8-RCD. Fechar 15E1-RCD, 15L8-RCD, 15L9-RCD.	Se 05L8-RCD estiver indisponível. Se 05E1-RCD, 15E1-RCD estiver disponível.
Abrir / confirmar aberto 15E2-RCD. Isolar 05L7-RCD. Fechar 15E2-RCD, 15L7-RCD, 15L9-RCD.	Se 05L8-RCD estiver indisponível. Se 05E1-RCD / 15E1-RCD estiver indisponível.
Fechar / confirmar fechado 14D1-RCD.	Se 14D1-RCD estiver disponível.
Fechar / confirmar fechado 14D2-RCD.	Se 14D1-RCD estiver indisponível.

II. Reenergização

Instruções	Pré-condições
Energizar 05L8-RCD.	Se 05L8-RCD estiver disponível. Quando houver tensão em 05L8-RCD.
Energizar 05L9-RCD.	Se 05L8-RCD estiver indisponível. Se 05L9-RCD estiver disponível. Quando houver tensão em 05L9-RCD.
Fechar 15D1-RCD. Energizar primário do 05T1-RCD.	Se 05T1-RCD, 15D1-RCD estiver disponível. Tape de 05T1-RCD na faixa de 13 a 19.
Isolar 05L9-RCD. Fechar 15L9-RCD. Fechar 15D2-RCD. Energizar primário do 05T2-RCD.	Se 05T1-RCD / 15D1-RCD estiver indisponível. Se 05L8-RCD, 05T2-RCD, 15D2-RCD estiver disponível. Tape de 05T2-RCD na faixa de 13 a 19.
Energizar secundário do 05T1-RCD.	Se 05T1-RCD, 15D1-RCD estiver disponível. Tensão de 05T1-RCD-SEC menor ou igual a 242 kV.

Energizar secundário do 05T2-RCD.	Se 05T1-RCD / 15D1-RCD estiver indisponível. Se 05T2-RCD, 15D2-RCD estiver disponível. Se 04B1-RCD e 04B2-RCD acoplados.
Energizar 04C5-RCD.	Se 04C5-RCD estiver disponível.
Energizar 04C4-RCD.	Se 04C5-RCD estiver indisponível. Se 04C4-RCD estiver disponível.
Energizar 04C9-RCD.	Se 04C9-RCD estiver disponível.
Energizar 04C8-RCD.	Se 04C9-RCD estiver indisponível. Se 04C8-RCD estiver disponível.
Energizar 04V3-RCD.	-
Energizar 04C1-RCD.	Se 04C1-RCD estiver disponível. Fluxo em 05T1-RCD / 05T2-RCD maior que 200 MW.
Energizar 04C2-RCD.	Se 04C1-RCD estiver indisponível. Se 04C2-RCD estiver disponível. Fluxo em 05T1-RCD / 05T2-RCD maior que 200 MW.
Energizar 04M1-RCD.	Tensão de 04M1-RCD menor ou igual a 240 kV. Fluxo de potência ativo em 04C1-RCD/PRD.
Energizar 04F7-RCD.	Se 04F7-RCD estiver disponível. Tensão de 04F7-RCD menor que 240 kV. Fluxo de potência ativo em 04F6-RCD/PFE.
Energizar 04F6-RCD.	Se 04F7-RCD estiver indisponível. Se 04F6-RCD estiver disponível. Tensão de 04F6-RCD menor que 240 kV. Fluxo de potência ativo em 04F6-RCD/PFE.
Fechar 15D4-RCD. Energizar primário do 05T4-RCD.	Se 05T4-RCD, 15D4-RCD estiver disponível. Tape de 05T4-RCD equiparado ao tape do ATR em operação. Tensão de 05T4-RCD menor ou igual a 550 kV. Potência de 05T1-RCD / 05T2-RCD maior ou igual a 300 MW.
Fechar 15D4-RCD. Energizar primário do 05T2-RCD.	Se 05T4-RCD, 05L7-RCD estiver indisponível. Se 05T2-RCD, 15D4-RCD estiver disponível. Tape de 05T2-RCD equiparado ao tape do ATR em operação.

	Tensão de 05T2-RCD menor ou igual a 550 kV. Potência de 05T1-RCD / 05T2-RCD maior ou igual a 300 MW.
Fechar 15D4-RCD. Energizar primário do 05T3-RCD.	Se 05T4-RCD estiver indisponível. Se 05T3-RCD, 15D4-RCD estiver disponível. Tape de 05T3-RCD equiparado ao tape do ATR em operação. Tensão de 05T3-RCD menor ou igual a 550 kV. Potência de 05T1-RCD / 05T2-RCD maior ou igual a 250 MW.
Energizar secundário do 05T4-RCD.	Se 05T4-RCD, 15D4-RCD estiver disponível. Tape de 05T4-RCD equiparado ao tape do ATR em operação.
Energizar secundário do 05T3-RCD.	Se 05T4-RCD estiver indisponível. Se 05T3-RCD, 15D4-RCD estiver disponível. Tape de 05T3-RCD equiparado ao tape do ATR em operação. Tensão de 05T3-RCD-SEC menor ou igual a 242 kV. Se 04B1-RCD e 04B2-RCD acoplados.
Energizar 04M2-RCD.	Se 04M2-RCD estiver disponível.
Energizar 04M3-RCD.	Se 04M2-RCD estiver indisponível. Se 04M3-RCD estiver disponível.
Energizar 04F6-RCD.	Se 04F6-RCD estiver disponível.
Energizar 04F7-RCD.	Se 04F6-RCD estiver indisponível. Se 04F7-RCD estiver disponível.
Energizar 05L7-RCD.	Se 05L7-RCD, 05E2-RCD estiver disponível. Quando houver tensão em 05L7-RCD. Se 05E2-RCD estiver energizado.
Energizar 05L9-RCD.	Se 05L7-RCD / 05E2-RCD estiver indisponível. Se 05L9-RCD estiver disponível. Quando houver tensão em 05L9-RCD.
Fechar 15D3-RCD. Energizar 05T3-RCD.	Tape de 05T3-RCD equiparado ao tape do ATR em operação.
Energizar 04C4-RCD.	Se 04C4-RCD estiver disponível.
Energizar 04C6-RCD.	Se 04C4-RCD estiver indisponível. Se 04C6-RCD estiver disponível.

Energizar 04C2-RCD.	-
Energizar 04V2-RCD.	Se 04V2-RCD estiver disponível.
Energizar 04V3-RCD.	Se 04V2-RCD estiver indisponível. Se 04V3-RCD estiver disponível.
Energizar 04M3-RCD.	-
Energizar 04C8-RCD.	Se 04C8-RCD estiver disponível.
Energizar 04C9-RCD.	Se 04C8-RCD estiver indisponível. Se 04C9-RCD estiver disponível.
Energizar 05L9-RCD.	Quando houver tensão em 05L9-RCD.
Fechar 15D2-RCD. Energizar primário do 05T2-RCD.	Se 05T2-RCD, 15D2-RCD estiver disponível. Tape de 05T2-RCD equiparado ao tape do ATR em operação. Fluxo em 05L8-RCD, 05L9-RCD. Fluxo em 05T1-RCD, 05T3-RCD, 05T4-RCD maior ou igual a 600 MW.
Fechar 15D2-RCD. Energizar primário do 05T3-RCD.	Se 05T2-RCD estiver indisponível. Se 05T3-RCD, 15D2-RCD estiver disponível. Tape de 05T3-RCD equiparado ao tape do ATR em operação. Fluxo em 05L8-RCD, 05L9-RCD. Fluxo em 05T1-RCD, 05T4-RCD maior ou igual a 600 MW.
Energizar secundário do 05T2-RCD.	Se 05T2-RCD, 15D2-RCD estiver disponível. Fluxo em 05L8-RCD, 05L9-RCD.
Energizar secundário do 05T3-RCD.	Se 05T2-RCD estiver indisponível. Se 05T3-RCD, 15D2-RCD estiver disponível. Fluxo em 05L8-RCD, 05L9-RCD.
Energizar 04V1-RCD.	-
Energizar 04C6-RCD.	-
Abrir / confirmar aberto 14D1-RCD, 14D2-RCD.	-
Energizar 04T5-RCD.	-
Conectar 01K1-RCD, 01K2-RCD.	-

2. Tradução das Instruções

Considerando a rede em condições normais.

ANEXO I – Recomposição com blackout no Sistema Nordeste

I. Preparação

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de RCD_KV_500, exceto 15E1-RCD, 15E2-RCD.	RCD - Abrir 15T4, 15T3, 15T2, 15D2, 15L7, 15L9, 15D4, 15D1, 15L8, 15T1, 15D3.
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de RCD_KV_230, exceto 14D1-RCD.	RCD - Abrir 14T4, 14H2, 14C5, 14T2-A, 14F7, 14M1, 14T3-B, 14H1, 14T1-A, 14M2, 14T5, 14C6, 14C9, 14T2-B, 14C1, 14M3, 14T1-B, 14C8, 14C4, 14V2, 14T3-A, 14F6, 14V3, 14C2, 14V1, 14D2.
Fechar / confirmar fechado 15E1-RCD.	RCD - Fechar 15E1.
Abrir / confirmar aberto 15E2-RCD. Isolar 05L7-RCD. Fechar 15E2-RCD, 15L7-RCD, 15L8-RCD.	RCD - Abrir 15E2. RCD - Abrir 35L7-8. RCD - Fechar 15E2, 15L7, 15L8.
Abrir / confirmar aberto 15E1-RCD. Isolar 05L8-RCD. Fechar 15E1-RCD, 15L8-RCD, 15L9-RCD.	RCD - Abrir 15E1. RCD - Abrir 35L8-8. RCD - Fechar 15E1, 15L8, 15L9.
Abrir / confirmar aberto 15E2-RCD. Isolar 05L7-RCD. Fechar 15E2-RCD, 15L7-RCD, 15L9-RCD.	RCD - Abrir 15E2. RCD - Abrir 35L7-8. RCD - Fechar 15E2, 15L7, 15L9.
Fechar / confirmar fechado 14D1-RCD.	RCD - Fechar 14D1.
Fechar / confirmar fechado 14D2-RCD.	RCD - Fechar 14D2.

II. Reenergização - Fase Fluente

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
Energizar 05L8-RCD.	RCD - Fechar 15L8.
Energizar 05L9-RCD.	RCD - Fechar 15L9.
Fechar 15D1-RCD.	RCD - Fechar 15D1.
Energizar primário do 05T1-RCD.	RCD - Fechar 15T1.

Isolar 05L9-RCD. Fechar 15L9-RCD. Fechar 15D2-RCD. Energizar primário do 05T2-RCD.	RCD - Abrir 35L9-8. RCD - Fechar 15L9. RCD - Fechar 15D2. RCD - Fechar 15T2.
Energizar secundário do 05T1-RCD.	RCD - Fechar 14T1-B. RCD - Fechar 14T1-A.
Energizar secundário do 05T2-RCD.	RCD - Fechar 14T2-A. RCD - Fechar 14T2-B.
Energizar 04V1-RCD.	RCD - Fechar 14V1.
Energizar 04V3-RCD.	RCD - Fechar 14V3.
Energizar 04C1-RCD.	RCD - Fechar 14C1.
Energizar 04C2-RCD.	RCD - Fechar 14C2.
Energizar 04V2-RCD.	RCD - Fechar 14V2.
Energizar 04V3-RCD.	RCD - Fechar 14V3.
Energizar 04C2-RCD.	RCD - Fechar 14C2.
Energizar 04F6-RCD.	RCD - Fechar 14F6.
Energizar 04F7-RCD.	RCD - Fechar 14F7.
Energizar 04C5-RCD.	RCD - Fechar 14C5.
Energizar 04C4-RCD.	RCD - Fechar 14C4.
Fechar 15D4-RCD. Energizar primário do 05T4-RCD.	RCD - Fechar 15D4. RCD - Fechar 15T4.
Fechar 15D4-RCD. Energizar primário do 05T2-RCD.	RCD - Fechar 15D4. RCD - Fechar 15T2.
Fechar 15D4-RCD. Energizar primário do 05T3-RCD.	RCD - Fechar 15D4. RCD - Fechar 15T3.
Energizar secundário do 05T4-RCD.	RCD - Fechar 14T4.
Energizar secundário do 05T3-RCD.	RCD - Fechar 14T3-B. RCD - Fechar 14T3-A.
Energizar 04C8-RCD.	RCD - Fechar 14C8.
Energizar 04C9-RCD.	RCD - Fechar 14C9.

III. Reenergização - Fase Coordenada

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
--------------------------	---------------------------

Energizar 05L9-RCD.	RCD - Fechar 15L9.
Fechar 15D2-RCD.	RCD - Fechar 15D2.
Energizar primário do 05T2-RCD.	RCD - Fechar 15T2.
Fechar 15D2-RCD.	RCD - Fechar 15D2.
Energizar primário do 05T3-RCD.	RCD - Fechar 15T3.
Energizar secundário do 05T2-RCD.	RCD - Fechar 14T2-A. RCD - Fechar 14T2-B.
Energizar secundário do 05T3-RCD.	RCD - Fechar 14T3-B. RCD - Fechar 14T3-A.
Energizar 04V3-RCD.	RCD - Fechar 14V3.
Energizar 04C4-RCD.	RCD - Fechar 14C4.
Energizar 04C9-RCD.	RCD - Fechar 14C9.
Energizar 04F7-RCD.	RCD - Fechar 14F7.
Energizar 04M2-RCD.	RCD - Fechar 14M2.
Energizar 04M3-RCD.	RCD - Fechar 14M3.
Energizar 05L7-RCD.	RCD - Fechar 15L7.
Fechar 15D3-RCD.	RCD - Fechar 15D3.
Energizar 05T3-RCD.	RCD - Fechar 15T3. RCD - Fechar 14T3-B. RCD - Fechar 14T3-A.
Abrir / confirmar aberto 14D1-RCD, 14D2-RCD.	RCD - Abrir 14D1, 14D2.
Energizar 04C6-RCD.	RCD - Fechar 14C6.
Energizar 04M1-RCD.	RCD - Fechar 14M1.
Energizar 04T5-RCD.	RCD - Fechar 14T5.
Conectar 01K1-RCD, 01K2-RCD.	RCD - Fechar 11K1. RCD - Fechar 11K2.

ANEXO II – Recomposição com Desligamento apenas da Subestação ou parcial da Região Nordeste

I. Preparação

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
--------------------------	---------------------------

Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de RCD_KV_500, exceto 15E1-RCD, 15E2-RCD.	RCD - Abrir 15T4, 15T3, 15T2, 15D2, 15L7, 15L9, 15D4, 15D1, 15L8, 15T1, 15D3.
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de RCD_KV_230, exceto 14D1-RCD.	RCD - Abrir 14T4, 14H2, 14C5, 14T2-A, 14F7, 14M1, 14T3-B, 14H1, 14T1-A, 14M2, 14T5, 14C6, 14C9, 14T2-B, 14C1, 14M3, 14T1-B, 14C8, 14C4, 14V2, 14T3-A, 14F6, 14V3, 14C2, 14V1, 14D2.
Fechar / confirmar fechado 15E1-RCD.	RCD - Fechar 15E1.
Abrir / confirmar aberto 15E2-RCD. Isolar 05L7-RCD. Fechar 15E2-RCD, 15L7-RCD, 15L8-RCD.	RCD - Abrir 15E2. RCD - Abrir 35L7-8. RCD - Fechar 15E2, 15L7, 15L8.
Abrir / confirmar aberto 15E1-RCD. Isolar 05L8-RCD. Fechar 15E1-RCD, 15L8-RCD, 15L9-RCD.	RCD - Abrir 15E1. RCD - Abrir 35L8-8. RCD - Fechar 15E1, 15L8, 15L9.
Abrir / confirmar aberto 15E2-RCD. Isolar 05L7-RCD. Fechar 15E2-RCD, 15L7-RCD, 15L9-RCD.	RCD - Abrir 15E2. RCD - Abrir 35L7-8. RCD - Fechar 15E2, 15L7, 15L9.
Fechar / confirmar fechado 14D1-RCD.	RCD - Fechar 14D1.
Fechar / confirmar fechado 14D2-RCD.	RCD - Fechar 14D2.

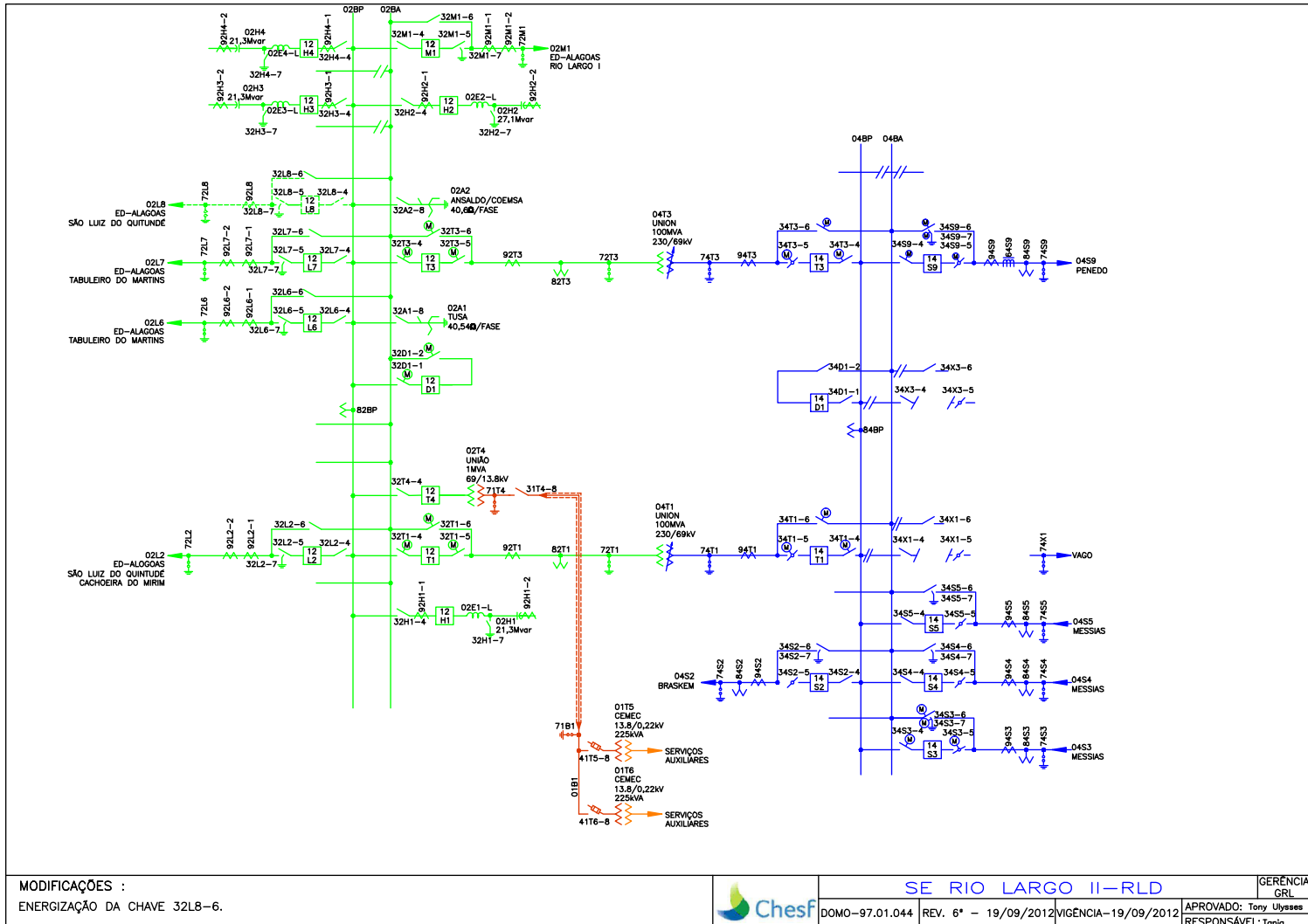
II. Reenergização

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
Energizar 05L8-RCD.	RCD - Fechar 15L8.
Energizar 05L9-RCD.	RCD - Fechar 15L9.
Fechar 15D1-RCD. Energizar primário do 05T1-RCD.	RCD - Fechar 15D1. RCD - Fechar 15T1.
Isolar 05L9-RCD. Fechar 15L9-RCD. Fechar 15D2-RCD. Energizar primário do 05T2-RCD.	RCD - Abrir 35L9-8. RCD - Fechar 15L9. RCD - Fechar 15D2. RCD - Fechar 15T2.
Energizar secundário do 05T1-RCD.	RCD - Fechar 14T1-B. RCD - Fechar 14T1-A.
Energizar secundário do 05T2-RCD.	RCD - Fechar 14T2-A. RCD - Fechar 14T2-B.
Energizar 04C5-RCD.	RCD - Fechar 14C5.

Energizar 04C4-RCD.	RCD - Fechar 14C4.
Energizar 04C9-RCD.	RCD - Fechar 14C9.
Energizar 04C8-RCD.	RCD - Fechar 14C8.
Energizar 04V3-RCD.	RCD - Fechar 14V3.
Energizar 04C1-RCD.	RCD - Fechar 14C1.
Energizar 04C2-RCD.	RCD - Fechar 14C2.
Energizar 04M1-RCD.	RCD - Fechar 14M1.
Energizar 04F7-RCD.	RCD - Fechar 14F7.
Energizar 04F6-RCD.	RCD - Fechar 14F6.
Fechar 15D4-RCD. Energizar primário do 05T4-RCD.	RCD - Fechar 15D4. RCD - Fechar 15T4.
Fechar 15D4-RCD. Energizar primário do 05T2-RCD.	RCD - Fechar 15D4. RCD - Fechar 15T2.
Fechar 15D4-RCD. Energizar primário do 05T3-RCD.	RCD - Fechar 15D4. RCD - Fechar 15T3.
Energizar secundário do 05T4-RCD.	RCD - Fechar 14T4.
Energizar secundário do 05T3-RCD.	RCD - Fechar 14T3-B. RCD - Fechar 14T3-A.
Energizar 04M2-RCD.	RCD - Fechar 14M2.
Energizar 04M3-RCD.	RCD - Fechar 14M3.
Energizar 04F6-RCD.	RCD - Fechar 14F6.
Energizar 04F7-RCD.	RCD - Fechar 14F7.
Energizar 05L7-RCD.	RCD - Fechar 15L7.
Energizar 05L9-RCD.	RCD - Fechar 15L9.
Fechar 15D3-RCD. Energizar 05T3-RCD.	RCD - Fechar 15D3. RCD - Fechar 15T3. RCD - Fechar 14T3-B. RCD - Fechar 14T3-A.
Energizar 04C4-RCD.	RCD - Fechar 14C4.
Energizar 04C6-RCD.	RCD - Fechar 14C6.
Energizar 04C2-RCD.	RCD - Fechar 14C2.

Energizar 04V2-RCD.	RCD - Fechar 14V2.
Energizar 04V3-RCD.	RCD - Fechar 14V3.
Energizar 04M3-RCD.	RCD - Fechar 14M3.
Energizar 04C8-RCD.	RCD - Fechar 14C8.
Energizar 04C9-RCD.	RCD - Fechar 14C9.
Energizar 05L9-RCD.	RCD - Fechar 15L9.
Fechar 15D2-RCD. Energizar primário do 05T2-RCD.	RCD - Fechar 15D2. RCD - Fechar 15T2.
Fechar 15D2-RCD. Energizar primário do 05T3-RCD.	RCD - Fechar 15D2. RCD - Fechar 15T3.
Energizar secundário do 05T2-RCD.	RCD - Fechar 14T2-A. RCD - Fechar 14T2-B.
Energizar secundário do 05T3-RCD.	RCD - Fechar 14T3-B. RCD - Fechar 14T3-A.
Energizar 04V1-RCD.	RCD - Fechar 14V1.
Energizar 04C6-RCD.	RCD - Fechar 14C6.
Abrir / confirmar aberto 14D1-RCD, 14D2-RCD.	RCD - Abrir 14D1, 14D2.
Energizar 04T5-RCD.	RCD - Fechar 14T5.
Conectar 01K1-RCD, 01K2-RCD.	RCD - Fechar 11K1. RCD - Fechar 11K2.

A.6 Modelo de plano estruturado da SE Rio Largo II



Plano de Recomposição da SE RLD (Rio Largo)

1. Plano Estruturado

Baseado na IO-RLD.01, edição 34.

I. Preparação

Instruções	Pré-condições
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de RLD_KV_230.	-
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de RLD_KV_69.	-

II. Reenergização

Instruções	Pré-condições
Energizar 04S3-RLD.	Se 04S3-RLD estiver disponível. Quando houver tensão em 04S3-RLD.
Energizar 04S4-RLD.	Se 04S3-RLD estiver indisponível. Se 04S4-RLD estiver disponível. Quando houver tensão em 04S4-RLD.
Energizar 04S9-RLD.	Tensão de 04S9-RLD menor ou igual a 240 kV.
Energizar 04S4-RLD.	Se 04S4-RLD estiver disponível. Se 04S4-RLD estiver desenergizado. Quando houver tensão em 04S4-RLD.
Energizar 04S5-RLD.	Se 04S4-RLD estiver indisponível. Se 04S5-RLD estiver disponível. Quando houver tensão em 04S5-RLD.
Energizar 02BP-RLD via 04T1-RLD.	Se 04T1-RLD estiver disponível. Tape de 04T1-RLD na posição 1L.
Energizar 02BP-RLD via 04T3-RLD.	Se 04T1-RLD estiver indisponível. Se 04T3-RLD estiver disponível. Tape de 04T3-RLD na posição 1L.
Energizar 02L6-RLD, 02L7-RLD, 02L2-RLD, 02M1-RLD.	Se tensão RLD_KV_69 estiver regulada.
Energizar primário do 02T4-RLD.	-

Energizar 04T3-RLD.	Se 04T3-RLD estiver disponível. Se 04T3-RLD estiver desenergizado. Tape de 04T3-RLD na posição 1L. Carga de 04T3-RLD maior que 25 MW. Tape de 04T3-RLD equiparado ao tape de 04T1-RLD.
Energizar 04S5-RLD.	Se 04S5-RLD estiver disponível. Se 04S5-RLD estiver desenergizado. Quando houver tensão em 04S5-RLD.

2. Tradução das Instruções

Considerando a rede em condições normais.

I. Preparação

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de RLD_KV_230.	RLD - Abrir 14T3, 14S3, 14S4, 14S2, 14S5, 14T1, 14S9, 14D1.
Abrir / confirmar aberto todos os disjuntores de RLD_KV_69.	RLD - Abrir 12H2, 12L2, 12H3, 12T1, 12D1, 12M1, 12L6, 12H4, 12H1, 12T3, 12L7.

II. Reenergização

Instruções em alto nível	Instruções em baixo nível
Energizar 04S3-RLD.	RLD - Fechar 14S3.
Energizar 04S4-RLD.	RLD - Fechar 14S4.
Energizar 04S9-RLD.	RLD - Fechar 14S9.
Energizar 04S4-RLD.	RLD - Fechar 14S4.
Energizar 04S5-RLD.	RLD - Fechar 14S5.
Energizar 02BP-RLD via 04T1-RLD.	RLD - Fechar 14T1. RLD - Fechar 12T1.
Energizar 02BP-RLD via 04T3-RLD.	RLD - Fechar 14T3. RLD - Fechar 12T3.
Energizar 02L6-RLD, 02L7-RLD, 02L2-RLD,	RLD - Fechar 12L6.

02M1-RLD.	RLD - Fechar 12L7. RLD - Fechar 12L2. RLD - Fechar 12M1.
Energizar primário do 02T4-RLD.	RLD - Fechar 12T4.
Energizar 04T3-RLD.	RLD - Fechar 14T3. RLD - Fechar 12T3.
Energizar 04S5-RLD.	RLD - Fechar 14S5.

Apêndice B

Seção de Validação do Relatório Final do Projeto Smart Switch

5. Validação

Para ajudar os usuários do Smart Switch a se familiarizarem com o sistema e, ao mesmo tempo, obter *feedback* da corretude do sistema na geração automática de manobras, um conjunto de cenários de treinamento foram preparados e cadastrados no Módulo de Treinamento da ferramenta.

Esse conjunto de cenários foca, particularmente, na capacidade do Smart Switch em gerar manobras para situações não típicas, especialmente aquelas não cobertas por documentos já formalizados de manobras (i. e. aquelas para as quais não existem Roteiros de Manobra). Os tipos de manobras para as quais não são encontrados RTMs, na grande maioria dos casos, são os seguintes:

1. Liberação de disjuntor impedido fechado
2. Liberação de chave sem impedimento
3. Liberação de chave impedida fechada
4. Liberação/normalização de barra auxiliar (BA, B2)
5. Liberação/normalização de equipamento de regulação
6. Liberação de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos
7. Normalização de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos
8. Liberação/normalização de trafo com um ou mais disjuntores associados impedidos
9. Transferência de equipamento entre barras (B1, B2)

O cenários de treinamento selecionados foram projetados para serem utilizados pelos usuários da CHESF (especificamente aqueles que geram e realizam manobras no cotidiano) por duas razões fundamentais:

1. A realização de sessões de treinamento pode proporcionar aos usuários a intimidade e a prática de uso do sistema, o que vai permitir que os mesmos possam obter a máxima eficiência no uso do Smart Switch para a geração de Programas de Manobras (PGMs) e até mesmo de Roteiros de Manobras (RTMs);
2. A realização de sessões de treinamento, com a utilização do recurso de geração automática de manobras, permite que os mesmos possam fornecer subsídios importantes para a equipe de desenvolvimento do sistema em relação à corretude do mesmo na geração de manobras.

O que se espera dos usuários de cada centro regional é que: i) realizem o máximo possível de sessões de treinamento com todos os cenários criados para o centro, sempre usando o mecanismo de geração automática de manobras; ii) para cada sessão de treinamento realizada, o usuário faça uma análise crítica da manobra gerada automaticamente e forneça, como comentário da sessão, informações sobre a corretude ou

não da manobra e, estando a mesma incorreta ou fora de um determinado padrão, indicação do que está errado ou fora do padrão (informando como seria o correto). A análise pode ser feita através da própria ferramenta.

Acompanhado das diretrizes do treinamento, os usuários receberam o “Manual de Uso do Sistema SSW v. 0.4” de Agosto/2013, o qual possui uma sessão “Módulo de Treinamento” que mostra de forma simples como utilizar o Smart Switch para criar treinamentos e para realizar sessões de treinamento.

5.1. Cenários avaliados

Para cada Regional e para cada tipo de manobra listado anteriormente, foram gerados entre quatro e seis cenários de treinamento diferentes, envolvendo duas ou mais instalações. Cada cenário de treinamento recebeu uma identificação na forma “tr.xxxx.mm.nn.sss...ss”, onde:

- *xxxx* indica um centro regional (norte, sul, leste, oeste, centro)
- *mm* indica o tipo de manobra, de acordo com o acima indicado (01, 02, ..., 10)
- *nn* indica o cenário (01, 02, ..., 04)
- *sss...ss* indica a descrição básica do treinamento.

Por exemplo, a identificação “tr.norte.01.01. Lib. 15V6-FZD” indica um cenário de treinamento para a regional **norte**, do tipo 01 (liberação de disjuntor impedido fechado), sendo o primeiro cenário (01) desse tipo, cujo objetivo é a liberação do disjuntor 15V5-FZD estando o mesmo impedido e fechado.

A Tabela 2 mostra todos os cenários de treinamento gerados, com uma faixa de 36 a 40 cenários por centro, totalizando aproximadamente 180 cenários.

Centro	Classe Manobra	Manobra
Norte	1. Liberação de disjuntor impedido fechado	lib 15V6-FZD impFech lib 15D1-SBT impFech lib 12T1-BNB impFech lib 14T1-RSD impFech (atentar ao estado dessa SE)
	2. Liberação de chave sem impedimento	lib 34T3-1-CMA (fechada); norm 34T3-1-CMA lib 34E3-8-FTZ (fechada); norm 34E3-8-FTZ lib 34L1-2-MSD (aberta); norm 34L1-2-MSD lib 32J7-5-MSD (fechada); norm 32J7-5-MSD
	3. Liberação de chave impedida fechada	lib 35T2-4-FZD impFech lib 34T2-2-FZD impFech lib 34S3-5-FZD impFech

		lib 34H1-4-DMG impFech
	4. Liberação/normalização de barra auxiliar (BA, B2)	lib 04B2-CMA; norm 04B2-CMA lib 04B2-RSD; norm 04B2-RSD (atentar ao estado dessa SE) lib 04BA-BNB; norm 04BA-BNB lib 02BA-MSD; norm 02BA-MSD
	5. Liberação/normalização de equipamento de regulação	lib 05E2-FZD; norm 05E2-FZD lib 05E4-FZD; norm 05E4-FZD lib 04H1-MLG; norm 04H1-MLG lib 04E4-BNB; norm 04E4-BNB
	6. Liberação de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos	lib 04Z6-FZD/FTZ, com 14Z6-FZD impFech e regulação ligada lib 05V6-SBT/FZD, com 15V6-SBT impFech e regulação ligada lib 05V6-SBT/FZD, com 15D2-SBT impFech e regulação ligada
	7. Normalização de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos	norm 04Z6-FZD/FTZ, com 14Z6-FZD impAber norm 05V7-SBT/FZD, com 15V7-SBT impAber norm 05V7-SBT/FZD, com 15D1-SBT impAber
	8. Liberação/normalização de trafo com um ou mais disjuntores associados impedidos	lib 05T1-SBT, com 14T1-SBT impFech lib 05T1-SBT, com 15T1-SBT impFech lib 04T1-CMA, com 12T1-CMA impFech norm 05T1-SBT, com 14T1-SBT impAber norm 05T1-SBT, com 15T1-SBT impAber norm 04T1-CMA, com 12T1-CMA impAber
	9. Transferência de equipamento entre barras (B1, B2)	transf 04C1-BNB/RSD de B2 p/ B1 em RSD transf 04Z5-FZD/FTZ de B1 p/ B2 em FZD transf 04F4-FZD/DMG de B2 p/ B1 em FZD
Sul	1. Liberação de disjuntor impedido fechado	lib 14T3-A-CMD impFech lib 14C7-CMD impFech lib 14M2-CTU impFech lib 15L5-OLD impFech (confirmar manobra)
	2. Liberação de chave sem impedimento	lib 35E2-8-OLD; norm 35E2-8-OLD lib 34T1-1-JDM; norm 34T1-1-JDM lib 32J9-5-PTU; norm 32J9-5-PTU lib 34L2-6-CTU; norm 34L2-6-CTU
	3. Liberação de chave impedida fechada	lib 34T1-1-CTU impFech lib 34M2-4-CMD impFech lib 35E3-8-ICA impFech

		lib 32J3-5-PTU impFech
	4. Liberação/normalização de barra auxiliar (BA, B2)	lib 02BA-PTU; norm 02BA-PTU lib 04BA-CTG; norm 04BA-CTG lib 04B2-JDM; norm 04B2-JDM lib 04B2-SPU; norm 04B2-SPU
	5. Liberação/normalização de equipamento de regulação	lib 04E1-ENP; norm 04E1-ENP lib 01K1-CMD; norm 01K1-CMD lib 05E3-ICA; norm 05E3-ICA lib 05E1-ICA; norm 05E1-ICA
	6. Liberação de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos	lib 04C7-CMD/GVM, com 14C7-CMD impFech lib 05L5-OLD/CMD, com 15L5-OLD impFech lib 04M3-CTU/GVM, com 14M3-CTU impFech
	7. Normalização de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos	norm 04C7-CMD/GVM, com 14C7-CMD impAber norm 05L5-OLD/CMD, com 15L5-OLD impAber norm 04M3-CTU/GVM, com 14M3-CTU impAber
	8. Liberação/normalização de trafo com um ou mais disjuntores associados impedidos	lib 05T7-JDM, com 14T7 impFech lib 05T2-SPU, com 15D1-SPU impFech lib 05T2-CMD, com 14T2-B-CMD impFech norm 05T7-JDM, com 14T7 impAber norm 05T2-SPU, com 15D1-SPU impAber norm 05T2-CMD, com 14T2-B-CMD impAber
	9. Transferência de equipamento entre barras (B1, B2)	transf 04C2-ITB/JDM de B1 p/ B2 em JDM transf 04M8-CMD/PTU de B1 p/ B2 em CMD transf 04C4-CMD/JCR de B2 p/ B1 em CMD
Leste	1. Liberação de disjuntor impedido fechado	lib 14L3-AGL impFech lib 14T3-AGL impFech lib 14T3-A-RCD impFech lib 14C9-RCD impFech
	2. Liberação de chave sem impedimento	lib 32T2-6-JRM lib 32T2-5-JRM lib 32J5-5-BGI lib 34V6-5-BGI
	3. Liberação de chave impedida fechada	lib 34T4-4 impFech lib 32T5-5 impFech lib 32T2-5-JRM impFech lib 32T2-6-JRM impAber

	4. Liberação/normalização de barra auxiliar (BA, B2)	lib 03BA-CGD; norm 03BA-CGD lib 04BA-CGD; norm 04BA-CGD lib 02BA-JRM; norm 02BA-JRM lib 04B2-JRM; norm 04B2-JRM
	5. Liberação/normalização de equipamento de regulação	lib 01E2-CGD; norm 01E2-CGD lib 09Q1-CGD; norm 09Q1-CGD lib 05E2-AGD; norm 05E2-AGD lib 05E4-AGD; norm 05E4-AGD
	6. Liberação de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos	lib 04C1-TAC/CGD, com 14C1-TAC impFech lib 05V4-XGO/MSI; com 15V4-MSI impFech
	7. Normalização de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos	norm 04C1-TAC/CGD, com 14C1-TAC impAber norm 05V4-XGO/MSI; com 15V4-MSI impAber
	8. Liberação/normalização de trafo com um ou mais disjuntores associados impedidos	lib 04T1-TAC, com 14T1-TAC impFech norm 01T1-TAC, com 14T1-TAC imprAber lib 05T1-RCD, com 15T1-REC impFech norm 05T1-RCD, com 15T1-REC imprAber
	9. Transferência de equipamento entre barras (B1, B2)	transf 04C1-TAC/CGD de B1 p/ B2 transf 04C1-TAC/CGD de B2 p/ B1 transf 04T7-ACD de B1 p/ B2 transf 04T7-ACD de B2 p/ B1
Oeste	1. Liberação de disjuntor impedido fechado	lib 14L2-BEA, impFech lib 15T1-BEA, impFech lib 12L2-ELM, impFech lib 14T1-ELM, imprFech
	2. Liberação de chave sem impedimento	lib 34L2-1-BEA lib 32L3-5-ELM lib 33T4-4-PRI lib 34T2-4-PRI
	3. Liberação de chave impedida fechada	lib 34L2-1-BEA, impFech lib 32L3-5-ELM, impFech lib 33T4-4-PRI, impFech lib 34T2-4-PRI, impFech
	4. Liberação/normalização de barra auxiliar (BA, B2)	lib 02BA-ELM; norm 02BA-ELM lib 04B2-TSA; norm 04B2-TSA lib 05B2-TSD; norm 05B2-TSD lib 04B2-BES; norm 04B2-BES

	5. Liberação/normalização de equipamento de regulação	lib 05E5-SJI; norm 05E5-SJI lib 05E2-BEA; norm 05E2-BEA lib 04E1-PIC; norm 04E1-PIC lib 01H1-PRI; norm 01H1-PRI
	6. Liberação de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos	lib 04L3-TSD/TSA, com 14L3-TSA impFech lib 04L3-TDS/TSA, com 14L3-TSA e 14L3-TSD impFech lib 05V8-TSD/SBT, com 15V8-TSD impFech lib 05V8-TSD/SBT, com 15V8-TSD e 15V8-SBT impFech
	7. Normalização de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos	norm 04L3-TSD/TSA, com 14L3-TSA impAber lib 04L3-TDS/TSA, com 14L3-TSA e 14L3-TSD impAber lib 05V8-TSD/SBT, com 15V8-TSD impAber lib 05V8-TSD/SBT, com 15V8-TSD e 15V8-SBT impAber
	8. Liberação/normalização de trafo com um ou mais disjuntores associados impedidos	lib 05T1-TSD, com 15T1-TSD impFech norm 05T1-TSD com 15T1-TSD impAber lib 05T1-TSD, com 14T1-TSD impFech norm 05T1-TSD, com 14T1-TSD impAber
	9. Transferência de equipamento entre barras (B1, B2)	transf 04L1-BEA/TSA de B1 p/ B2 transf 04L1-BEA/TSA de B2 p/ B1 transf 04T4-SJI de B1 p/ B2 transf 04T4-SJI de B2 p/ B1
Centro	1. Liberação de disjuntor impedido fechado	lib 14T2-CCD lib 14T3-CCD lib 14E1-BRA lib 14S2-PAF
	2. Liberação de chave sem impedimento	lib 34T2-6-CCD lib 32T3-5-CCD lib 34E1-8-BRA lib 34S2-4-PAF
	3. Liberação de chave impedida fechada	lib 34T2-6-CCD impFech lib 32T3-5-CCD impFech lib 34E1-8-BRA impFech lib 34S2-4-PAF impFech
	4. Liberação/normalização de barra auxiliar (BA, B2)	lib 02BA-BNO; norm 02BA-BNO lib 04B2-SNB; norm 04B2-SNB lib 05B2-PAQ; norm 05B2-PAQ lib 04B2-a-PAF; norm 04B2-1-PAF

	5. Liberação/normalização de equipamento de regulação	lib 04E1-BRA; norm 04E1-BRA lib 04E2-BRA; norm 04E2-BRA lib 05E3-LZG; norm 05E3-LZG
	6. Liberação de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos	lib 04F2-IRE/BMC com 14F2-IRE impFech lib 04S2-SOB/JZD com 14S2-JZD impFech lib 04S7-PAF/ITB com 14S7-PAF impFech lib 05V4-XGO/MSI com 15V4-XGO impFech
	7. Normalização de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos	norm 04F2-IRE/BMC com 14F2-IRE impAber norm 04S2-SOB/JZD com 14S2-JZD impAber norm 04S7-PAF/ITB com 14S7-PAF impAber norm 05V4-XGO/MSI com 15V4-XGO impAber
	8. Liberação/normalização de trafo com um ou mais disjuntores associados impedidos	lib 04T2-CCD com 14T2-CCD impFech norm 04T2-CCD com 14T2-CCD e 12T2-CCD impAber lib 04T4-IRE com 14T4-IRE impFech norm 04T4-IRE com 14T4-IRE e 13T4-IRE impAber
	9. Transferência de equipamento entre barras (B1, B2)	transf 04F2-IRE/BMC de B2 p/ B1 transf 04T3-IRE de B1 p/ B2 transf 04F1-SNB/IRE de B1 p/ B2 transf 04Z2-PAF/ZBD de B1 p/ B2

Tabela 2 – Cenários preparados para avaliação dos usuários na Validação do Sistema

5.2. Resultados

Até o final do projeto, 24 sessões de treinamento foram concluídas pelos operadores (considerando apenas as sessões constando como **FINALIZADA**). Em geral, as manobras geradas estão em conformidade com os padrões estabelecidos entre a equipe do Smart Switch e o cliente. Apenas um caso dentre os citados configurava *bug* de implementação no *software*, o qual foi prontamente corrigido pela equipe de desenvolvimento. Os erros apontados pelos operadores, em sua maioria, são apenas divergências entre os padrões da regional à qual eles pertencem e os padrões implementados no Smart Switch.

A análise dos especialistas na geração de manobras em cada sessão de treinamento pode ser vista nas tabelas abaixo, para cada classe de manobra para a qual foram criados cenários de treinamento. A última coluna da tabela indica o parecer da equipe do projeto – após contato com o cliente – da análise realizada (manobra correta; manobra divergente do padrão usado pela regional; manobra incorreta ou sem *feedback* do analista).

1. Liberação de disjuntor impedido fechado

Centro	Analista	Comentário do Analista	Avaliação da Equipe
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-01.01 lib 15V6-FZD Descrição: Liberar 15V6-FZD impedido fechado Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 15V6-FZD Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO:.. 1.1 - FZD-Abrir 15D3. 1.2 - SBT-Abrir 15V6. 1.3 - SBT-Abrir 15D2. 1.4 - FZD-Abrir 15V5. 1.5 - FZD-Abrir 15V7. 1.6 - FZD-Abrir 15E4. 1.7 - FZD-Abrir 35V6-4. 1.8 - FZD-Abrir 35V6-5. 1.9 - FZD-Fechar 15D3. 1.10 - SBT-Fechar 15V6. 1.11 - SBT-Fechar 15D2. 1.12 - FZD-Fechar 15V5. 1.13 - FZD-Fechar 15V7. 1.14 - FZD-Fechar 15E4.</p> <p>Observação: Não consideramos a manobra apresentada pelo sistema a mais adequada, pois a mesma diminui a confiabilidade da configuração da SE por um determinado tempo, além de gerar uma PV pela liberação da LT-05V6-SBT/FZD e do 05B2/FZD. Considerando a configuração apresentada, ou seja, os demais bays da SE energizados normais, nós somente abriríamos as chaves associadas ao 15V6/FZD (35V6-4 e 35V6-5).</p>	Manobra sugerida divergente do padrão usado pela regional ¹ .
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-01.02 lib 15D1-SBT Descrição: Liberar 15D1-SBT impedido fechado Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 15D1-SBT</p>	Manobra sugerida divergente do padrão usado pela regional ² .

¹ Em arranjo de 500 kV, o Smart Switch não permite o levantamento das chaves de isolamento de um disjuntor fechado.

² Em arranjo de 500 kV, o Smart Switch não permite o levantamento das chaves de isolamento de um disjuntor fechado.

		<p>Log do Roteiro</p> <p>1 - LIBERAÇÃO:.</p> <p>1.1 - SBT-Abrir 15V7.</p> <p>1.2 - SBT-Abrir 15V9.</p> <p>1.3 - FZD-Abrir 15D2.</p> <p>1.4 - FZD-Abrir 15V7.</p> <p>1.5 - TSD-Abrir 15D1.</p> <p>1.6 - TSD-Abrir 15V9.</p> <p>1.7 - SBT-Abrir 35D1-2.</p> <p>1.8 - SBT-Abrir 35D1-1.</p> <p>1.9 - SBT-Fechar 15V7.</p> <p>1.10 - SBT-Fechar 15V9.</p> <p>1.11 - FZD-Fechar 15D2.</p> <p>1.12 - FZD-Fechar 15V7.</p> <p>1.13 - TSD-Fechar 15D1.</p> <p>1.14 - TSD-Fechar 15V9.</p> <p>Observação: Não consideramos a manobra apresentada pelo sistema a mais adequada, pois a mesma diminui a confiabilidade da configuração da SE por um determinado tempo e desenergiza duas LTs de 500kV, além de gerar uma PV pela liberação das referidas LTs.</p> <p>Considerando a configuração apresentada, ou seja, os demais bays da SE energizados normais, nós somente abriríamos as chaves associadas ao 15D1/SBT (35D1-4 e 35D1-5).</p>	
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-01.03 lib 12T1-BNB</p> <p>Descrição: Liberar 12T1-BNB impedido fechado</p> <p>Data: 04/09/2013</p> <p>Log da Sessão</p> <p>1. Liberou 12T1-BNB</p> <p>Log do Roteiro</p> <p>1 - LIBERAÇÃO:.</p> <p>1.1 - BNB-Fechar 32T1-6.</p> <p>1.2 - BNB-Fechar 12D1.</p> <p>1.3 - BNB-Abrir 32T1-4.</p> <p>1.4 - BNB-Abrir 32T1-5.</p> <p>Observação: Manobra conforme o padrão deste centro.</p>	Manobra correta
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-01.04 lib 14T1-RSD</p> <p>Descrição: Liberar 14T1-RSD impedido fechado</p> <p>Data: 04/09/2013</p> <p>Log da Sessão</p> <p>1. Liberou 14T1-RSD</p>	Manobra correta

		<p>Log do Roteiro</p> <p>1 - LIBERAÇÃO:.</p> <p>1.1 - RSD-Fechar 14D1.</p> <p>1.2 - RSD-Fechar 34T1-1.</p> <p>1.3 - RSD-Abrir 34T1-2.</p> <p>1.4 - RSD-Fechar 34T1-6.</p> <p>1.5 - RSD-Abrir 34T1-4.</p> <p>1.6 - RSD-Abrir 34T1-5.</p> <p>Observação:Manobra conforme o padrão deste centro.</p>	
OESTE	emilenac	<p>Nome: tr-oeste-01.02 lib 15T1-BEA</p> <p>Descrição: Liberar 15T1-BEA impedido fechado</p> <p>Data: 04/09/2013</p> <p>Log da Sessão</p> <p>1. Desfez procedimento Liberar</p> <p>2. Criou procedimento Liberação</p> <p>3. Liberou 15T1-BEA</p> <p>Log do Roteiro</p> <p>1 - Liberação.</p> <p>1.1 - BEA-Abrir 14T1-A.</p> <p>1.2 - BEA-Abrir 14T1-B.</p> <p>1.3 - BEA-Abrir 15D1.</p> <p>1.4 - BEA-Abrir 15C6.</p> <p>1.5 - BEA-Abrir 35T1-4.</p> <p>1.6 - BEA-Abrir 35T1-5.</p> <p>1.7 - BEA-Fechar 15D1.</p> <p>1.8 - BEA-Fechar 15C6.</p> <p>1.9 - BEA-Fechar 14T1-A.</p> <p>1.10 - BEA-Fechar 14T1-B.</p> <p>Observação:Errado. Não deveria ter desenergizado o auto trafo.</p>	Manobra sugerida divergente do padrão usado pela regional ³ .

Tabela 3 – Resultados dos cenários de treinamento da classe 1.

2. Liberação de chave sem impedimento

Centro	Analista	Comentário do Analista	Avaliação da Equipe
NORTE	renatoms	Nome: tr-norte-02.01 lib 34T3-1-CMA	Manobra

³ Em arranjo de 500 kV, o Smart Switch não permite o levantamento das chaves de isolamento de um disjuntor fechado.

		<p>Descrição: Liberar 34T3-1-CMA Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 34T3-1-CMA 2. Criou procedimento NORMALIZAÇÃO: Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO:. 1.1 - CMA-Fechar 14D1. 1.2 - CMA-Fechar 34T3-2. 1.3 - CMA-Abrir 34T3-1. 1.4 - CMA-Fechar 34T3-6. 1.5 - CMA-Abrir 14T3. 1.6 - CMA-Abrir 34T3-4. 2 - NORMALIZAÇÃO:.</p> <p>Observação:Manobra questionável. 1 – Consideramos um equipamento liberado quando o mesmo está desenergizado/isolado, neste caso a referida chave não ficará nestas condições, a menos que todos os eventos da SE fossem transferidos para a barra 04B2 e o 04T3 fosse desenergizado. 2 – Analisando a manobra realizada pelo sistema, a referida chave somente foi aberta, ficando os dois terminais energizados. Vendo desta forma não haveria necessidade de transferir o disjuntor 14T3. OBSERVAÇÃO: Quando realizei a manobra de liberação todos os equipamentos que foram manobrados sumiram da tela, por esse motivo não foi realizado as manobras de normalização.</p>	sugerida divergente do padrão usado pela regional ⁴ .
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-02.02 lib 34E3-8-FTZ Descrição: Liberar 34E3-8-FTZ Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 34E3-8-FTZ 2. Criou procedimento NORMALIZAÇÃO: 3. Normalizou 34E3-8-FTZ Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO:. 1.1 - FTZ-Abrir 14F3. 1.2 - BNB-Abrir 14F3. 1.3 - FTZ-Abrir 34E3-8. 1.4 - FTZ-Fechar 14F3. 1.5 - BNB-Fechar 14F3.</p>	Manobra correta

⁴ O Smart Switch não tratava, até o momento de realização dessa sessão, de instruções relacionadas à desconexão do “pulo” da chave de isolamento.

		<p>2 - NORMALIZAÇÃO:.</p> <p>2.1 - FTZ-Abrir 14F3.</p> <p>2.2 - BNB-Abrir 14F3.</p> <p>2.3 - FTZ-Fechar 34E3-8.</p> <p>2.4 - FTZ-Fechar 14F3.</p> <p>2.5 - BNB-Fechar 14F3.</p> <p>OBSERVAÇÃO: Antes da liberação o SSW mostrou uma mensagem dizendo que as barras 04BP-1 e 04BA-1 não estava modeladas e perguntando seu queria continuar a manobras.</p> <p>Observação:Manobra conforme o padrão deste centro, porém ressalto que o equipamento não fica desenergizado e isolado, e não poderia sem que a LT-04F3-F-BNB/FTZ também estivesse desenergizada/isolada.</p>	
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-02.03 lib 34L1-2-MSD</p> <p>Descrição: Liberar 34L1-2-MSD</p> <p>Data: 04/09/2013</p> <p>Log da Sessão</p> <p>1. Liberou 34L1-2-MSD</p> <p>2. Criou procedimento NORMALIZAÇÃO:</p> <p>3. Normalizou 34L1-2-MSD</p> <p>Log do Roteiro</p> <p>1 - LIBERAÇÃO:.</p> <p>1.1 - MSD-Abrir 34D1-2.</p> <p>2 - NORMALIZAÇÃO:.</p> <p>2.1 - MSD-Fechar 34D1-2.</p> <p>Observação:Manobra conforme o padrão deste centro, porém ressalto que o equipamento não fica desenergizado e isolado, e não poderia sem que a LT-04L1-MSD/RSD também estivesse desenergizada/isolada com as chaves 34L1-6 e 34L1-1 abertas.</p>	Manobra correta
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-02.04 lib 32J7-5-MSD</p> <p>Descrição: Liberar 32J7-5-MSD</p> <p>Data: 04/09/2013</p> <p>Log da Sessão</p> <p>1. Liberou 32J7-5-MSD</p> <p>2. Criou procedimento NORMALIZAÇÃO:</p> <p>3. Normalizou 32J7-5-MSD</p> <p>Log do Roteiro</p> <p>1 - LIBERAÇÃO:.</p> <p>1.1 - MSD-COLOCAR 43-12J7 NA POSIÇÃO "ET"</p>	Manobra correta

		<p>1.2 - MSD-Fechar 32J7-6. 1.3 - MSD-Fechar 12D1. 1.4 - MSD-Abrir 12J7. 1.5 - MSD-COLOCAR 43-12J7 NA POSIÇÃO "T" 1.6 - MSD-Abrir 32J7-5. 1.7 - MSD-Abrir 32J7-4. 2 - NORMALIZAÇÃO: 2.1 - MSD-Fechar 32J7-5. 2.2 - MSD-Fechar 32J7-4. 2.3 - MSD-COLOCAR 43-12J7 NA POSIÇÃO "ET" 2.4 - MSD-Fechar 12J7. 2.5 - MSD-Abrir 12D1. 2.6 - MSD-Abrir 32J7-6. 2.7 - MSD-COLOCAR 43-12J7 NA POSIÇÃO "N"</p> <p>Observação:Manobra conforme o padrão deste centro, porém ressalto que o equipamento não fica desenergizado e isolado, e não poderia sem que a LT-02J7-MSD/MSA também estivesse desenergizada/isolada com as chaves 32J7-4, 32J7-5 e 32J7-6 abertas.</p>	
OESTE	emilenac	<p>Nome: tr-oeste-02.03 lib 33T4-4-PRI Descrição: Liberar 33T4-4-PRI Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 33T4-4-PRI Log do Roteiro 1 - Liberação. 1.1 - PRI-Colocar 43-T4 na posição "ET" (EM TRANSFERÊNCIA) 1.2 - PRI-Fechar 33T4-6. 1.3 - PRI-Fechar 13D1. 1.4 - PRI-Abrir 13T4. 1.5 - PRI-Colocar 43-T4 na posição "T" (TRANSFERIDO) 1.6 - PRI-Abrir 33T4-4. 1.7 - PRI-Abrir 33T4-5.</p> <p>Observação:OK</p>	Manobra correta

Tabela 4 – Resultados dos cenários de treinamento da classe 2.

3. Liberação de chave impedida fechada

Centro	Analista	Comentário do Analista	Avaliação da
--------	----------	------------------------	--------------

			Equipe
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-03.01 lib 35T2-4-FZD Descrição: Liberar 35T2-4-FZD impedida fechada Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 35T2-4-FZD Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO: 1.1 - FZD-Abrir 15T2. 1.2 - FZD-Abrir 35T2-5.</p> <p>Observação:Manobra conforme o padrão deste centro, porém ressaltado que o equipamento não fica desenergizado e isolado, e não poderia ser que 05B1/FZD também estivesse desenergizado/isolado.</p>	Manobra correta
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-03.02 lib 34T2-2-FZD Descrição: Liberar 34T2-2-FZD impedida fechada Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 34T2-2-FZD Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO: 1.1 - FZD-Abrir 14T2. 1.2 - FZD-Abrir 34D1-2. 1.3 - FZD-Abrir 34T2-5.</p> <p>Observação:Manobra NÃO conforme. A manobra apresentada pelo SSW deixa o trafo 05T2 energizado em vazio pelo 500kV.</p>	Manobra sugerida divergente do padrão usado pela regional ⁵ .
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-03.03 lib 34S3-5-FZD Descrição: Liberar 34S3-5-FZD impedida fechada Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 34S3-5-FZD Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO: 1.1 - FZD-Fechar 14D1. 1.2 - FZD-Fechar 34Z4-1. 1.3 - FZD-Abrir 34Z4-2. 1.4 - FZD-Fechar 34S4-1. 1.5 - FZD-Abrir 34S4-2.</p>	Manobra incorreta (já corrigida na versão final do <i>software</i>).

⁵ O procedimento do Smart Switch, nesse caso, é abrir o disjuntor mais próximo para desenergizar ao menos um dos lados da chave. A desenergização de ambos os lados do trafo, para evitar que o mesmo fique energizado em vazio, pode ser feita sem grandes implicações no futuro.

		<p>1.6 - FZD-Fechar 34Z2-1. 1.7 - FZD-Abrir 34Z2-2. 1.8 - FZD-Fechar 34T2-1. 1.9 - FZD-Abrir 34T2-2. 1.10 - FZD-Fechar 34F4-1. 1.11 - FZD-Abrir 34F4-2. 1.12 - FZD-Fechar 34S3-6. 1.13 - FZD-Abrir 14S3. 1.14 - FZD-Abrir 34S3-1.</p> <p>Observação:Manobra NÃO conforme. A manobra apresentada pelo SSW coloca o 14S3 e 14D1 e paralelo, e a chave de seleção de proteção (chave 43) desta SE não dispões da posição “ET”. Está opção possibilita o comando de trip para os dois disjuntores em caso de falha. Por esse nós colocamos os disjuntores em série durante a manobra, ou seja, primeiro fechamos a 34S3-2, abrimos a 34S3-1, colocamos a chave de seleção da proteção na posição “T” e ai sim fechamos a chave 34S3-6.</p>	
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-03.04 lib 34H1-4-DMG Descrição: Liberar 34H1-4-DMG impedida fechada Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 34H1-4-DMG Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO:. 1.1 - DMG-Fechar 14D1. 1.2 - DMG-Fechar 34H1-2. 1.3 - DMG-Abrir 34H1-1. 1.4 - DMG-Fechar 34H1-6. 1.5 - DMG-Abrir 14H1. 1.6 - DMG-Abrir 34H1-5.</p> <p>Observação:Manobra conforme o padrão deste centro, porém ressaltado que o equipamento não fica desenergizado e isolado, e não poderia sem que 04H1/DMG também estivesse desenergizado/isolado.</p>	Manobra correta.

Tabela 5 – Resultados dos cenários de treinamento da classe 3.

4. Liberação/normalização de barra auxiliar (BA, B2)

Centro	Analista	Comentário do Analista	Avaliação da Equipe
--------	----------	------------------------	---------------------

NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-04.01 lib/norm 04B2-CMA Descrição: Liberar 04B2-CMA (no 1o procedimento) e Normalizar 04B2-CMA (no 2o procedimento) Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 04B2-CMA 2. Criou procedimento NORMALIZAÇÃO: 3. Normalizou 04B2-CMA Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO: 1.1 - CMA-Abrir 34D1-2. 1.2 - CMA-Fechar a chave-terra de 04B2-CMA, se existir. 2 - NORMALIZAÇÃO: 2.1 - CMA-Abrir a chave-terra de 04B2-CMA, se existir. 2.2 - CMA-Fechar 34D1-2.</p> <p>Observação:Manobra conforme o padrão deste centro.</p>	Manobra correta.
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-04.02 lib/norm 04B2-RSD Descrição: Liberar 04B2-RSD (no 1o procedimento) e Normalizar 04B2-RSD (no 2o procedimento) Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 04B2-RSD 2. Criou procedimento NORMALIZAÇÃO: 3. Normalizou 04B2-RSD Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO: 1.1 - RSD-Fechar 14D1. 1.2 - RSD-Fechar 34C1-1. 1.3 - RSD-Abrir 34C1-2. 1.4 - RSD-Fechar 34L1-1. 1.5 - RSD-Abrir 34L1-2. 1.6 - RSD-Fechar 34P1-1. 1.7 - RSD-Abrir 34P1-2. 1.8 - RSD-Fechar 34T3-1. 1.9 - RSD-Abrir 34T3-2. 1.10 - RSD-Fechar 34T1-1. 1.11 - RSD-Abrir 34T1-2. 1.12 - RSD-Abrir 14D1.</p>	Manobra sugerida divergente do padrão usado pela regional ⁶ .

⁶ O Smart Switch não guarda estado da rede, portanto não pode decidir sozinho quais linhas de transmissão devem ser reconectadas à barra que está sendo normalizada. O operador, no entanto, pode realizar essa tarefa via interface gráfica, selecionando as linhas que desejar, e em seguida solicitando transferência entre barras.

		<p>1.13 - RSD-Abrir 34D1-2. 1.14 - RSD-Fechar a chave-terra de 04B2-RSD, se existir. 2 - NORMALIZAÇÃO:. 2.1 - RSD-Abrir a chave-terra de 04B2-RSD, se existir. 2.2 - RSD-Fechar 34D1-2.</p> <p>Observação:Manobra NÃO conforme com o padrão deste centro.</p> <p>LIBERAÇÃO: Na liberação o SmartSwitch transferiu os eventos um a um para barra um, porém usualmente neste centro fechamos primeiramente todas as chaves “1” e depois abrimos todas as chaves “2”.</p> <p>NORMALIZAÇÃO: Na normalização o sistema não voltou com os eventos para a barra dois, somente abriu a chave de aterramento e fechou a 34D1-2.</p>	
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-04.03 lib/norm 04BA-BNB Descrição: Liberar 04BA-BNB (no 1o procedimento) e Normalizar 04BA-BNB (no 2o procedimento) Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 04BA-BNB 2. Criou procedimento NORMALIZAÇÃO: 3. Normalizou 04BA-BNB Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO:. 1.1 - BNB-Abrir 34D1-2. 1.2 - BNB-Fechar a chave-terra de 04BA-BNB, se existir. 2 - NORMALIZAÇÃO:. 2.1 - BNB-Abrir a chave-terra de 04BA-BNB, se existir. 2.2 - BNB-Fechar 34D1-2.</p> <p>Observação:Manobra conforme o padrão deste centro. Porém antes de executar as manobras de liberação e normalização apareceu a mensagem; “Existem erros que podem comprometer a corretude das manobras, deseja continuar?”</p>	Manobra correta.
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-04.04 lib/norm 02BA-MSD Descrição: Liberar 02BA-MSD (no 1o procedimento) e Normalizar 02BA-MSD (no 2o procedimento)</p>	Manobra correta.

		<p>Data: 04/09/2013</p> <p>Log da Sessão</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Liberou 02BA-MSD 2. Criou procedimento NORMALIZAÇÃO: 3. Normalizou 02BA-MSD <p>Log do Roteiro</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - LIBERAÇÃO: <ol style="list-style-type: none"> 1.1 - MSD-Abrir 32D1-2. 1.2 - MSD-Fechar a chave-terra de 02BA-MSD, se existir. 2 - NORMALIZAÇÃO: <ol style="list-style-type: none"> 2.1 - MSD-Abrir a chave-terra de 02BA-MSD, se existir. 2.2 - MSD-Fechar 32D1-2. <p>Observação: Manobra conforme o padrão deste centro.</p>	
--	--	--	--

Tabela 6 – Resultados dos cenários de treinamento da classe 4.

5. Liberação/normalização de equipamento de regulação

Centro	Analista	Comentário do Analista	Avaliação da Equipe
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-05.01 lib/norm 05E2-FZD</p> <p>Descrição: Liberar 05E2-FZD (no 1o procedimento) e Normalizar 05E2-FZD (no 2o procedimento)</p> <p>Data: 04/09/2013</p> <p>Log da Sessão</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Liberou 05E2-FZD 2. Criou procedimento NORMALIZAÇÃO: 3. Normalizou 05E2-FZD <p>Log do Roteiro</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 - LIBERAÇÃO: <ol style="list-style-type: none"> 1.1 - FZD-Abrir 15D2. 1.2 - FZD-Abrir 15V7. 1.3 - SBT-Abrir 15D1. 1.4 - SBT-Abrir 15V7. 1.5 - FZD-Abrir 35E2-8. 1.6 - FZD-Fechar 15D2. 1.7 - FZD-Fechar 15V7. 1.8 - SBT-Fechar 15D1. 1.9 - SBT-Fechar 15V7. 	Manobra sugerida divergente do padrão usado pela regional ⁷ .

⁷ O Smart Switch, por hora, não considera este padrão para desenergizar uma LT durante a liberação do reator.

		<p>2 - NORMALIZAÇÃO: 2.1 - FZD-Abrir 15D2. 2.2 - FZD-Abrir 15V7. 2.3 - SBT-Abrir 15D1. 2.4 - SBT-Abrir 15V7. 2.5 - FZD-Fechar 35E2-8. 2.6 - FZD-Fechar 15D2. 2.7 - FZD-Fechar 15V7. 2.8 - SBT-Fechar 15D1. 2.9 - SBT-Fechar 15V7.</p> <p>Observação:Manobra não conforme a IO-PM.NNE vigente na presente data, somente pelo fato de o terminal preferencial para o desligamento da LT-05V7-SBT/FZD era o terminal de SBT e não o terminal FZD. Vale ressaltar que esta LT foi seccionada em duas LTs, LT-05V7-SBT/PED e LT-05C2-FZD/PED.</p>	
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-05.02 lib/norm 05E4-FZD Descrição: Liberar 05E4-FZD (no 1o procedimento) e Normalizar 05E4-FZD (no 2o procedimento) Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 05E4-FZD 2. Criou procedimento NORMALIZAÇÃO: 3. Normalizou 05E4-FZD Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO: 1.1 - FZD-Abrir 15E4. 1.2 - FZD-Abrir 15D4. 1.3 - FZD-Abrir 35E4-8. 1.4 - FZD-Fechar 15E4. 1.5 - FZD-Fechar 15D4. 2 - NORMALIZAÇÃO: 2.1 - FZD-Abrir 15E4. 2.2 - FZD-Abrir 15D4. 2.3 - FZD-Fechar 35E4-8. 2.4 - FZD-Fechar 15E4. 2.5 - FZD-Fechar 15D4.</p> <p>Observação:Manobra conforme o padrão destes centro, contudo o equipamento em questão não necessita de PGM, existe um RTM para liberação do mesmo.</p>	Manobra correta.
NORTE	renatoms	Nome: tr-norte-05.03 lib/norm 04H1-MLG	Manobra

		<p>Descrição: Liberar 04H1-MLG (no 1o procedimento) e Normalizar 04H1-MLG (no 2o procedimento) Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 04H1-MLG 2. Criou procedimento NORMALIZAÇÃO: 3. Normalizou 04H1-MLG Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO: 1.1 - MLG-Abrir 14H1. 1.2 - MLG-Abrir 34H1-4. 1.3 - MLG-Abrir 34H1-5. 1.4 - MLG-Fechar a chave-terra de 04H1-MLG, se existir. 2 - NORMALIZAÇÃO: 2.1 - MLG-Abrir a chave-terra de 04H1-MLG, se existir. 2.2 - MLG-Fechar 34H1-4. 2.3 - MLG-Fechar 34H1-5. 2.4 - MLG-Fechar 14H1.</p> <p>Observação:Manobra conforme o padrão deste centro, contudo o equipamento em questão não necessita de PGM, existe um RTM para liberação do mesmo.</p>	correta.
NORTE	renatoms	<p>Nome: tr-norte-05.04 lib/norm 04E4-BNB Descrição: Liberar 04E4-BNB (no 1o procedimento) e Normalizar 04E4-BNB (no 2o procedimento) Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 04E4-BNB 2. Criou procedimento NORMALIZAÇÃO: 3. Normalizou 04E4-BNB Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO: 1.1 - BNB-Abrir 14E4. 1.2 - BNB-Abrir 34E4-4. 1.3 - BNB-Abrir 34E4-5. 2 - NORMALIZAÇÃO: 2.1 - BNB-Fechar 34E4-4. 2.2 - BNB-Fechar 34E4-5. 2.3 - BNB-Fechar 14E4.</p> <p>Observação:Manobra conforme o padrão deste centro, contudo o equipamento em questão não necessita de PGM, existe um RTM para liberação do</p>	Manobra correta.

		mesmo. Ressaltamos que não há necessidade de abrir as duas chaves associadas ao 14H1. Normalmente abrimos a 34H1-4.	
CENTRO	iubrai	Nome: tr-centro-05.01 lib/norm 04E1-BRA Descrição: Liberar 04E1-BRA (no 1o procedimento) e normalizar 04E1-BRA (no 2o procedimento) Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Abrir 14E1-BRA 2. Abrir 34E1-8-BRA Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO 14E1. 1.1 - BRA-Abrir 14E1. 1.2 - BRA-Abrir 34E1-8.	Sem feedback.

Tabela 7 – Resultados dos cenários de treinamento da classe 5.

6. Liberação de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos

Centro	Analista	Comentário do Analista	Avaliação da Equipe
NORTE	renatoms	Nome: tr-norte-06.01 lib 04Z6-FZD/FTZ Descrição: Liberar 04Z6-FZD/FTZ com 14Z6-FZD impedido fechado Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Liberou 04Z6-FZD/FTZ Log do Roteiro 1 - LIBERAÇÃO:. 1.1 - FTZ-Abrir 14Z6. 1.2 - FZD-Fechar 14D1. 1.3 - FZD-Fechar 34Z4-1. 1.4 - FZD-Abrir 34Z4-2. 1.5 - FZD-Fechar 34S4-1. 1.6 - FZD-Abrir 34S4-2. 1.7 - FZD-Fechar 34Z2-1. 1.8 - FZD-Abrir 34Z2-2. 1.9 - FZD-Fechar 34T2-1. 1.10 - FZD-Abrir 34T2-2. 1.11 - FZD-Abrir 14D1.	Manobra sugerida divergente do padrão usado pela regional ⁸ .

⁸ O padrão para desenergizar a LT, no Smart Switch, é desenergizar inicialmente o terminal “destino”, para então desenergizar o terminal “origem”.

		<p>1.12 - FZD-Abrir 34B2-1. 1.13 - FZD-Fechar 14D1. 1.14 - FZD-Fechar 34Z6-6. 1.15 - FZD-Abrir 34Z6-1. 1.16 - FZD-Abrir 34Z6-5. 1.17 - FZD-Abrir 14D1. 1.18 - FTZ-Abrir 34E1-8. 1.19 - FTZ-Abrir 34Z6-5. 1.20 - FZD-Abrir 34Z6-6. 1.21 - FTZ-Fechar a chave-terra de 04Z6-FTZ. 1.22 - FZD-Fechar a chave-terra de 04Z6-FZD.</p> <p>Observação: Manobra NÃO conforme. A manobra ficou um pouco confusa. 1-) Inicialmente nós faríamos uma meia transferência do 14Z6/FZD; 2-) Não há necessidade de abrir a 34B2-1; 3-) A abertura do terminal da SE/FTZ só deveria ter sido feito após a transferência do 14Z6/FZD; 4-) Também não há necessidade de isolar o reator já que não tinha liberação do mesmo.</p>	
--	--	--	--

Tabela 8 – Resultados dos cenários de treinamento da classe 6.

7. Liberação de LT com um ou mais disjuntores associados impedidos

Centro	Analista	Comentário do Analista	Avaliação da Equipe
CENTRO	evitonhr	<p>Nome: tr-centro-07.04 norm 05V4-XGO/MSI Descrição: Normalizar 05V4-XGO/MSI com 15V4-XGO impedido aberto Data: 04/09/2013 Log da Sessão 1. Abrir 15D2-MSI 2. Abrir 15V4-MSI 3. Fechar 35V4-8-MSI 4. Fechar 35E1-8-MSI 5. Fechar 35V4-8-XGO 6. Fechar 15D2-MSI 7. Fechar 15V4-MSI 8. Fechar 15D4-XGO Log do Roteiro 1 - Normalização 05V4 XGO/MSI. 1.1 - MSI-Abrir 15D2. 1.2 - MSI-Abrir 15V4.</p>	Manobra correta.

	<p>1.3 - MSI-Fechar 35V4-8. 1.4 - MSI-Fechar 35E1-8. 1.5 - XGO-Fechar 35V4-8. 1.6 - MSI-Fechar 15D2. 1.7 - MSI-Fechar 15V4. 1.8 - XGO-Fechar 15D4.</p> <p>Observação: Manobras conforme IO.PM.NE.5LE. Manobra poderia conectar ou não o 05E1 MSI. A manobra nesse caso seria simples, porém os itens de verificação são muitos (tensão, fluxo, reatores conectados, etc.) Seria necessário verificar a possibilidade de incluir itens de bloqueio e desbloqueio de chaves seccionadoras, religamento de LT, etc.</p>	
--	---	--

Tabela 9 – Resultados dos cenários de treinamento da classe 7.

8. Liberação/normalização de trafo com um ou mais disjuntores associados impedidos

Nenhuma sessão de treinamento foi realizada para esta classe de manobra.

9. Transferência de equipamento entre barras (B1, B2)

Nenhuma sessão de treinamento foi realizada para esta classe de manobra.