

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE ENGENHARIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**GIOVANI FREIRE AZEREDO**

**RELAÇÕES ENTRE A COMPLEXIDADE E A RESILIÊNCIA DE SISTEMAS  
SÓCIO TÉCNICOS: ESTUDO EM UMA GERENCIADORA DE OPERAÇÕES DE  
SISTEMAS ELÉTRICOS**

Porto Alegre

2019

**GIOVANI FREIRE AZEREDO**

**RELAÇÕES ENTRE A COMPLEXIDADE E A RESILIÊNCIA DE SISTEMAS  
SÓCIO TÉCNICOS: ESTUDO EM UMA GERENCIADORA DE OPERAÇÕES DE  
SISTEMAS ELÉTRICOS**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção, modalidade Acadêmica, na área de concentração em Sistemas de Produção.

Orientador: Tarcísio Abreu Saurim, Dr

Porto Alegre

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Rui Vicente Oppermann

Vice-Reitor: Jane Fraga Tutikian

ESCOLA DE ENGENHARIA

Diretor: Luiz Carlos Pinto da Silva Filho

Vice-Diretor: Carla Schwengber ten Caten

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Coordenador: Flávio Sanson Fogliatto

Vice-coordenador: Michel José Anzanello

**FICHA CATALOGRÁFICA**

**GIOVANI FREIRE AZEREDO**

**RELAÇÕES ENTRE A COMPLEXIDADE E A RESILIÊNCIA DE SISTEMAS  
SÓCIO TÉCNICOS: ESTUDO EM UMA GERENCIADORA DE OPERAÇÕES DE  
SISTEMAS ELÉTRICOS**

Esta tese será julgada para a obtenção do título de Doutor em Engenharia e aprovada em sua forma final pelo Orientador e pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

---

**Prof. Tarcísio Abreu Saurim, Dr.**  
Orientador PPGEP/UFRGS

---

**Prof. Flávio Sanson Fogliatto, Dr.**  
Coordenador PPGEP/UFRGS

**Banca Examinadora:**

Professor Fernando Gonçalves Amaral, Dr. (PPGEP/UFRGS)

Professora Priscila Wachs, Dra. (CAPES/UFRGS)

Professor José Barrozo de Souza, Dr. (CEMEC/IFES-VITORIA).

**Dedicatória:**

Este trabalho dedico às minhas filhas,  
Letícia e Luíza, por vocês, a cada dia me  
ensinarem o que é o verdadeiro Amor.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus por ter saúde, uma família que sempre me guiou, orientou e permitiu chegar ao curso de doutorado em Engenharia de Produção. Porque dEle, por Ele, para Ele são todas as coisas.

Ao meu orientador professor Tarcísio de Abreu Saurin, pela orientação no desenvolvimento deste trabalho e principalmente por sua compreensão.

Aos professores do PPGEP da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade do curso de doutorado.

Aos meus pais Aristides e Altimira, por todo o carinho da minha criação, orientação e educação até os dias de hoje. Muito obrigado!!! Essa vitória é de vocês.

A Greice, minha amada esposa, pelo amor, compreensão, apoio e carinho durante toda etapa de concretização de mais esse sonho. As minhas filhas, Letícia e Luíza, os maiores presentes que recebi de Deus.

Aos colegas do curso de doutorado interinstitucional, principalmente a Idália, Danilo e Erica pelo companheirismo. Aos colegas do LOPP-UFRGS pela convivência, troca de conhecimento e aprendizado.

Ao engenheiro Carlos Magno da Fujikura e Pro Cable pela fundamental contribuição no acesso a empresa de desenvolvimento da pesquisa.

Aos colaboradores da diretoria de operações da ONS – COSR-SE por todo apoio na coleta dos dados que embasaram a aplicação deste trabalho. Em especial ao Engenheiro Jayme Darriba Macedo por seu apoio e atenção, sendo isso fundamental para o desenvolvimento da pesquisa desta tese.

Ao Instituto Federal do Espírito Santo, pela realização do DINTER em especial ao professor Lodovico por sua dedicação na viabilização desse convênio.

Aos amigos do IFES – Campus Serra, pelo apoio e motivação no desenvolvimento do término deste trabalho.

A CAPES, pelo financiamento de todo esse projeto.

A professora Rejane Rigon, uma professora de matemática gaúcha em solo capixaba, pelo incentivo e motivação ensinados quando estudava no último ano escolar do ensino fundamental e que acredito terem sido o grande diferencial em toda minha formação educacional.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram para mais esta conquista na minha vida.

## RESUMO

A sociedade moderna tem como forte característica o alto consumo energético. O sistema elétrico precisa ser monitorado continuamente para avaliar seu desempenho operacional, a fim de manter e melhorar seus níveis de segurança, em paralelo, as tecnologias têm evoluído continuamente, os processos são cada vez mais rigidamente acoplados, bem como as demandas dos clientes por qualidade e confiabilidade. As características citadas refletem o aumento da complexidade dos Sistemas Sócio-Técnicos Complexos (SSTC) contemporâneos. Este estudo tem como principal questão de pesquisa em como avaliar a relação entre as características de complexidade e os potenciais de resiliência? Neste sentido, buscou-se desenvolver um framework para analisar relações entre complexidade e resiliência de SSTC. Quanto aos objetivos específicos, três foram estabelecidos: (a) caracterizar a complexidade de uma empresa de operação de sistemas de energia; (b) adaptar a ferramenta RAG (Resilience Assessment Grid) para o contexto do planejamento, coordenação e supervisão do sistema elétrico; (c) identificar como os atributos de sistemas complexos se relacionam com os potenciais de sistemas resilientes. A abordagem norteadora da tese é o Design Science Research que, com sua natureza prescritiva, busca desenvolver o conhecimento por meio da construção de artefatos. O framework proposto inicialmente realiza a definição dos limites do sistema analisado. A etapa 2 enfatiza a caracterização da complexidade do sistema, em três dimensões de avaliação da complexidade (i) relativa; (ii) funcional; e (iii) estrutural. A etapa 3 envolve a avaliação da resiliência, sob dois aspectos: (i) os quatro potenciais de sistemas resilientes; (ii) análise dos POP (Procedimentos Operacionais Padronizados). A etapa 4 apresenta o cruzamento dos dados levantados, visando identificar como as características de complexidade influenciam a resiliência, bem como sua natureza. Finalizando apresenta-se as recomendações práticas para influenciar e monitorar a resiliência do sistema, principalmente por meio da atuação sobre as características de complexidade. No que tange as futuras pesquisas, deve-se ter como primeira perspectiva o acompanhamento a médio e longo prazo do RAG. Uma análise semelhante para um Centro de Operação de Distribuição, pela particularidade de ser associado com as atividades de quem trabalha diretamente com o consumidor final. Outra vertente, consiste em avaliar os outros três Centros de Operação que compõem o SEP (Sistema Elétrico de Potência) desenvolvendo uma pesquisa para cada setor separadamente. Por fim, a aplicação e refinamento do modelo proposto em outros SSTC.

Palavras-chave: Engenharia de Resiliência. Sistemas sócio-técnicos. Complexidade. RAG (Resilience Assessment Grid). Potenciais de Resiliência.

## ABSTRACT

Modern society has a strong characteristic of high energy consumption. The electrical system needs to be continuously monitored to assess its operational performance in order to maintain and improve its safety levels; in parallel, technologies have evolved continuously, processes are increasingly tightly coupled as well as customer demands for quality reliability. The characteristics cited reflect the increasing complexity of contemporary Socio-Technical Complex Systems (STCS). This study has as main research question on how to evaluate the relationship between complexity characteristics and resilience potentials? In this sense, we have tried to develop a framework for analyzing relations between complexity and resilience of SSTC. As to the specific objectives, three were established: (a) characterize the complexity of an energy systems operation company; (b) to adapt the RAG (Resilience Assessment Grid) tool to the context of planning, coordination and supervision of the electric system; (c) identify how the attributes of complex systems relate to the potentials of resilient systems. The guiding approach of the thesis is Design Science Research which, by its prescriptive nature, seeks to develop knowledge through the construction of artifacts. The proposed framework initially defines the limits the system analyzed. Step 2 emphasizes the characterization of the complexity of the system, in three dimensions of evaluation of the relative complexity (i); (ii) functional; and (iii) structural. Step 3 involves the evaluation of resilience, under two aspects: (i) the four potentials of resilient systems; (ii) analysis of SOP (Standard Operational Procedures). Step 4 presents the cross-referencing of the collected data, aiming to identify how complexity characteristics influence resilience as well as its nature. Finally, we present the practical recommendations to influence and monitor the resilience of the system, mainly through the performance of the complexity characteristics. With regard to future research, it is necessary to have as a first perspective the medium- and long-term follow-up of RAG. A similar analysis for a Distribution Operation Center, due to the particularity of being associated with the activities of those who work directly with the final consumer. Another aspect is to evaluate the other three Operation Centers that make up the EPS (Electrical Power System) by developing a research for each sector separately. Finally, the application and refinement of the model proposed in other STCS.

**Keywords:** Resilience Engineering. Socio-technical systems. Complexity. RAG (Resilience Assessment Grid). Resilience Potentials.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxo Normal do Sistema Elétrico de Potência .....	23
Figura 2 - Mapa de previsão do Sistema Interligado Nacional para o ano de 2017.....	24
Figura 3 - Oferta Interna de Energia Elétrica por Fonte .....	27
Figura 4 - Participação setorial no consumo de eletricidade .....	28
Figura 5- Mapa das concessionárias de energia do Brasil .....	32
Figura 6 - Concessionárias de energia do Brasil.....	33
Figura 7 - Estrutura Institucional do Setor Elétrico Brasileiro .....	34
Figura 8 - Exemplificação das áreas de operação definidas como normal, emergência e recuperação .....	39
Figura 9 - Modelo de Capacidade de carga .....	40
Figura 10 - Estados Operativos e Transições Possíveis.....	44
Figura 11 - Relações entre as características de SSTC .....	49
Figura 12 - Seis aspectos da função ou processo.....	56
Figura 13 - Framework para análise das relações entre resiliência e complexidade em sistemas sócio-técnicos...	69
Figura 14 - Exemplo de pergunta do questionário de avaliação de complexidade. ....	70
Figura 15 - Modelo de pergunta do questionário de potenciais de Resiliência. ....	73
Figura 16 - Convergência de várias fontes de evidências.....	85
Figura 17 - Resultados da Característica de complexidade “Grande número de elementos que interagem de forma dinâmica” para setor de trabalho e cargo na empresa.....	95
Figura 18 - Resultados da Característica de complexidade “Variabilidade Inesperada” para setor de trabalho, cargo na empresa e faixa etária. ....	98
Figura 19 - Equipamentos de suporte em pane geral do centro de operação.....	101
Figura 20 - Resultados da Característica de complexidade “Resiliência” para setor de trabalho e cargo na empresa. ....	102
Figura 21 - Trabalho real segundo o FRAM (Functional Resonance Analysis Method). ....	107
Figura 22 - Fluxo de atividades do SSTC investigado .....	112
Figura 23 - Tipos de Intervenções .....	115
Figura 24 - Composição do PDO (Plano diário de Operação).....	116
Figura 25 - Sala do centro de operação em tempo real– ONS.....	120
Figura 26 - Tela de controle do Sistema Elétrico monitorado .....	121
Figura 27 - Resultados para o potencial de resiliência responder.....	123
Figura 28 - Resultados para o potencial de resiliência monitorar.....	126
Figura 29 - Resultados para o potencial de resiliência antecipar.....	127
Figura 30 - Resultados para o potencial de resiliência Aprender .....	130
Figura 31 - Média agregados dos potenciais de resiliência.....	133
Figura 32 - Gráfico para o potencial responder conforme o perfil do entrevistado .....	136
Figura 33 - Gráfico para o potencial monitorar conforme o perfil do entrevistado.....	137
Figura 34 - Gráfico para o potencial antecipar conforme o perfil do entrevistado .....	138
Figura 35 - Gráfico para o potencial aprender conforme o perfil do entrevistado.....	139
Figura 36 - Resultados médios agregado dos potenciais para Setor de Trabalho.....	140
Figura 37 - Resultados médios agregado dos potenciais para Cargo na empresa.....	140
Figura 38 - Resultados médios agregado dos potenciais para Faixa Etária .....	141
Figura 39 - Resultados médios agregado dos potenciais para Experiência .....	141
Figura 40 - Representação do fluxo do desenvolvimento do processo normativo. ....	143

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Siglas referente aos tipos de geração.....	25
Tabela 2 - Capacidade de Geração Elétrica Nacional.....	26
Tabela 3 - Usinas de geração elétrica nacional em construção.....	26
Tabela 4 - Usinas de geração elétrica nacional projetada e não iniciada.....	26
Tabela 5 - Aspectos principais das características de complexidade.....	48
Tabela 6 - Relação entre Potenciais de Resiliência e Características de complexidades.....	75
Tabela 7 - Técnicas de coleta de dados e sua associação com as etapas do framework.....	77
Tabela 8 - Distribuição dos respondentes por setor pesquisado.....	79
Tabela 9 - Perfil dos entrevistados.....	83
Tabela 10 - Critérios de RAG de Hollnagel (2015) e suas aplicações na pesquisa.....	86
Tabela 11 - Categorias para Análise de Dados Qualitativos.....	88
Tabela 12 - Correlações entre questões de características de SSTC.....	103
Tabela 13 - Correlação entre as características de SSTC propostas e percepção geral de complexidade.....	105
Tabela 14 - Funções e número de acoplamentos (NAC).....	108
Tabela 15 - Variabilidade potencial e agregada das funções do modelo.....	109
Tabela 16 - Tabela de correlação entre os potenciais de resiliência e as características de complexidade.....	132
Tabela 17 - Estrutura e conteúdo do MPO – Módulo 10 dos Procedimentos de Rede.....	146
Tabela 18 - Correlação entre características de complexidade e Potenciais de resiliência.....	153
Tabela 19 - Recomendações, justificativa e influência para resiliência do sistema.....	157

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Questionário e Avaliação das Características de Complexidade.....	81
Quadro 2 - Questionário sobre Potenciais de Resiliência.....	82

## LISTA DE SIGLAS

ABRADEE - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS

ANEEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA

ACR - AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO REGULADA

ACL - AMBIENTE DE CONTRATAÇÃO LIVRE

AT - ALTA TENSÃO

BT - BAIXA TENSÃO

CAG - CONTROLE AUTOMÁTICO DA GERAÇÃO

CCEE - CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

CDM - CRITICAL DECISION METHOD

CMSE - COMITÊ DE MONITORAMENTO DO SETOR DE ENERGIA

CNPE - CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA E ENERGIA

COS - CENTRO DE OPERAÇÃO DE SISTEMA

DSR - DESIGN SCIENCE RESEARCH

EPE - EMPRESAS DE PESQUISAS ENERGÉTICAS

ER - ENGENHARIA DE RESILIÊNCIA

f – FREQUENCIA DA REDE.

FRAM - FUNCTIONAL RESONANCE ANALYSIS METHOD

IC – INFRAESTRUTURAS CRÍTICAS

MME - MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA

MPO - MANUAL DE PROCEDIMENTOS DA OPERAÇÃO

ONS - OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA

PDO - PROGRAMA DIÁRIO DA OPERAÇÃO

PLD - PREÇO DE LIQUIDAÇÃO DAS DIFERENÇAS

PMO - PROGRAMA MENSAL DE OPERAÇÃO

POP - PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS PADRONIZADOS

RAG - RESILIENCE ASSESSMENT GRID

SEP - SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA

SIN - SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL

SST - SISTEMAS SÓCIO-TÉCNICOS

SSTC - SISTEMAS SÓCIO-TÉCNICOS COMPLEXOS

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
1.1 CONTEXTO .....	15
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA .....	19
1.3 QUESTÕES DE PESQUISA .....	20
1.4 OBJETIVOS .....	20
1.4.1 OBJETIVO GERAL .....	20
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	21
1.5 DELIMITAÇÕES .....	21
1.6 ESTRUTURA DA TESE .....	21
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>22</b>
2.1 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA BRASILEIRO .....	22
2.1.1 MATRIZ ELÉTRICA .....	24
2.1.2 GERAÇÃO .....	25
2.1.3 REDES DE TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO .....	30
2.1.4 MARCO INSTITUCIONAL .....	33
2.1.5 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO .....	36
2.1.6 OPERAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO .....	37
2.2 SISTEMAS SOCIO TÉCNICOS COMPLEXOS .....	46
2.3 VULNERABILIDADE E RESILIÊNCIA .....	51
2.4 MÉTODO DE ANÁLISE DA RESSONÂNCIA FUNCIONAL - FRAM .....	55
2.5 RAG (RESILIENCE ASSESSMET GRID) .....	58
2.6 RESILIÊNCIA EM SALAS DE CONTROLE E NO SISTEMA ELÉTRICO .....	62
<b>3 MÉTODO DE PESQUISA .....</b>	<b>67</b>
3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA .....	67
3.2 FRAMEWORK PROPOSTO .....	68
3.3 APLICAÇÃO DO FRAMEWORK .....	76
3.3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SST INVESTIGADO .....	76
3.3.2 COLETA DE DADOS .....	76
3.3.3 ANÁLISE DOS DADOS .....	87
3.3.4 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS .....	89
3.4 AVALIAÇÃO DO FRAMEWORK .....	90
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>91</b>
4.1 AVALIAÇÃO DA COMPLEXIDADE RELATIVA .....	91
4.1.1 GRANDE DIVERSIDADE DE ELEMENTOS .....	91
4.1.2 GRANDE NÚMERO DE ELEMENTOS QUE INTERAGEM DE FORMA DINÂMICA .....	93
4.1.3 VARIABILIDADE INESPERADA .....	96
4.1.4 RESILIÊNCIA .....	99
4.1.5 PERCEPÇÃO GERAL DE COMPLEXIDADE .....	102
4.1.6 ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DE SST .....	103
4.2 CARACTERIZAÇÃO DA COMPLEXIDADE FUNCIONAL (FRAM) .....	105
4.3 CARACTERIZAÇÃO DA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL .....	112
4.3.1 PRÉ-OPERAÇÃO .....	112
4.3.1.1 PRÉ-OPERAÇÃO DE SISTEMAS: ANÁLISE DE DESLIGAMENTOS .....	113
4.3.2 OPERAÇÃO EM TEMPO REAL .....	118
4.3.2.1 AMBIENTE DE TRABALHO DO CENTRO DE OPERAÇÕES EM TEMPO REAL .....	119
4.3.3 PÓS-OPERAÇÃO .....	121
4.4 AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA .....	123
4.4.1 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DOS POTENCIAIS DE SISTEMAS RESILIENTES -RAG .....	123

4.4.1.1 POTENCIAL RESPONDER.....	123
4.4.1.2 POTENCIAL MONITORAR .....	125
4.4.1.3 POTENCIAL ANTECIPAR.....	127
4.4.1.4 POTENCIAL APRENDER .....	129
4.1.1.5 ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE OS POTENCIAS DE RESILIÊNCIA.....	132
4.1.1.6 AVALIAÇÃO CONJUNTA DOS QUATRO POTENCIAIS DE SISTEMAS RESILIENTES .....	132
<b>4.4.2 AVALIAÇÃO DOS POP E SUAS LACUNAS.....</b>	<b>142</b>
4.4.2.1 DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS.....	143
4.4.2.2 DESCRIÇÃO DO MPO .....	144
4.4.2.3 DOCUMENTOS OPERACIONAIS DO MPO .....	147
4.4.2.4 AVALIAÇÃO DOS POP DO MPO .....	148
4.5 CRUZAMENTO DOS DADOS .....	153
4.6 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS .....	155
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>162</b>
5.1 PRINCIPAIS OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES .....	162
5.2 LIMITAÇÕES.....	164
5.3 PESQUISAS FUTURAS.....	164
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>166</b>
<b>GLOSSÁRIO (HOLLNAGEL ET AL., 2015 E ONS, 2018).....</b>	<b>181</b>
<b>APENDICE A - QUESTIONÁRIO AVALIATIVO.....</b>	<b>186</b>
<b>APÊNDICE B – RESULTADOS DA PESQUISA APLICADA PARA COMPLEXIDADE GERAL.....</b>	<b>193</b>
<b>APÊNDICE C – RESULTADOS DA PESQUISA APLICADA PARA POTENCIAIS DE RESILIÊNCIA .....</b>	<b>194</b>
<b>APÊNDICE D - FRAM - OPERAÇÃO, SUPERVISÃO E CONTROLE DE SISTEMAS ELÉTRICOS</b>	<b>196</b>
<b>APENDICE E - ROTEIRO DE ENTREVISTAS COM FUNCIONÁRIOS .....</b>	<b>205</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 CONTEXTO

Infraestruturas críticas (IC) são sistemas, serviços e bens vitais para o bem-estar da sociedade cuja perturbação ou destruição causa impactos graves sobre a saúde, segurança e bem-estar econômico dos cidadãos (LABAKA; HERNANTES; SARRIEGI, 2015). A sociedade moderna tem como forte característica o alto consumo energético seja no setor residencial, comercial/serviços ou industrial. Um forte componente da matriz energética é a energia elétrica. O processo de geração, transmissão e distribuição de energia que definem o Sistema Elétrico de Potência (SEP) precisa ser supervisionado e monitorado continuamente para avaliar o desempenho operacional, a fim de manter e melhorar seu nível de segurança. No entanto, os incidentes e acidentes operacionais no setor, com impacto para os usuários finais, são pouco frequentes, o que limita as possibilidades de aprendizagem pelo modo reativo tradicional.

As comunicações, as operações comerciais e o controle de tráfego, por exemplo, são cada vez mais dependentes da disponibilidade de eletricidade. Se a interrupção for de curta duração, a maioria das pessoas e organizações podem administrá-la, à medida que a duração e a extensão de uma interrupção do sistema elétrico aumentam, os custos e inconvenientes crescem demasiadamente. Serviços sociais críticos - como saúde, segurança, e outros serviços de emergência e sistemas de comunicação - podem ser interrompidos comprometendo o andamento natural da sociedade (NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE, 2017).

Uma das características básicas que um SEP deve ter é a de garantir o suprimento de energia às cargas, de forma confiável e ininterrupta. Estes fatos estão relacionados, nos dias de hoje, com o conceito de confiabilidade dos sistemas elétricos, que além da continuidade do fornecimento de energia, define condições mínimas para uma operação adequada, como os níveis do sinal de tensão, tanto em amplitude como em frequência.

Na verdade, a sofisticação dos equipamentos utilizados na indústria, nos aeroportos e sistemas de controle de tráfego aéreo, nas empresas de telecomunicação, serviços bancários, hospitais, etc., tem reduzido muito a faixa de tolerância de variação da frequência e da tensão. Por outro lado, a dependência cada vez maior da energia elétrica, por parte do homem, tem elevado de forma assustadora o consumo deste tipo de energia. Para atender toda esta demanda de forma confiável, com alto padrão de qualidade, são planejados, construídos e desenvolvidos, complexos sistemas elétricos interligados, alguns com dimensões continentais.

Em paralelo, as tecnologias no setor elétrico têm evoluído continuamente, os processos são cada vez mais rigidamente acoplados, bem como as demandas dos clientes por qualidade e confiabilidade cresceram. Além disso, a busca pela segurança já não é limitada à prevenção de lesões às pessoas no trabalho, mas precisa considerar os possíveis perigos da tecnologia que está sendo utilizada para os clientes, para os espectadores inocentes e para a sociedade (HOLLNAGEL, 2016).

As características citadas refletem o aumento da complexidade dos Sistemas Sócio-Técnicos (SST) contemporâneos. A perspectiva da complexidade sobre a segurança, no meio acadêmico, ganhou força no início da década de 1980, quando Perrow (1984) introduziu o conceito de Acidentes Normais e ressaltou que alguns sistemas eram complexos porque eram caracterizados por acoplamentos apertados e relações não-lineares.

Sistemas sócio-técnicos são uma inter-relação complexa de seres humanos e tecnologias, incluindo hardware, software, dados, ambiente físico, pessoas, procedimentos, leis e regulamentações (SIMONETTI, 2010). Outra característica dos SST é a resiliência, a qual pode ser influenciada por decisões de projeto. Projetar sistemas que suportam o desempenho resiliente requer uma compreensão aprofundada do contexto em que ocorrem adaptações, de condições e facilitadores para implementá-las, e de seus efeitos sobre o sistema. Além disso, requer um foco em como as pessoas realmente executam o trabalho, ao invés de como deveriam executar (RANKIN; LUNDBERG; WOLTJER, 2014).

Os impactos sociais provocados pela tecnologia dos sistemas nas infraestruturas trazem implicações tanto nas formas de organização das empresas, como nas tarefas gerenciais e nas relações humanas. Dada a natureza e a escala desses processos, há um aumento da complexidade desses sistemas que envolvem infraestrutura tecnológica e social, indo além da complexidade inerente da tecnologia. Os métodos de engenharia apresentam dificuldades no tratamento da infraestrutura social desses sistemas, tanto no mapeamento do humano como das instituições sociais (BRYL; GIORGINI; MYLOPOULOUS, 2009; FIADEIRO, 2008; HOLLNAGEL; WOODS, 2005; NISSEBAUM, 2001; OTTENS et al, 2006).

A hipótese tradicional de tratabilidade (ou seja, sistemas são completamente compreensíveis, eles se comportam como esperado em condições normais e, em caso de falha, sempre é possível detectar o componente específico que gerou o evento adverso) torna-se progressivamente inaceitável (HOLLNAGEL, 2010). A segurança do sistema depende tanto das condições de trabalho do sistema como do ambiente externo e, além disso, de suas interações complexas.

Atividades desenvolvidas em sistemas complexos estão sujeitas a eventos inesperados, e perturbações. Exigem que os profissionais alterem seu comportamento para atender variações, tanto a longo quanto a curto prazo (HOFFMAN; WOODS, 2011; RASMUSSEN, 1986; WOODS et al., 2010). Embora a variabilidade do desempenho humano em alguns casos possa levar a situações inseguras, a grande maioria das adaptações feitas por humanos são bem-sucedidas (HOLLNAGEL, 2009a; HOLLNAGEL et al.; 2009b). No entanto, como a variabilidade do desempenho é muitas vezes percebida somente quando acontecem incidentes ou acidentes, a visão tradicional é que a variabilidade do desempenho é perigosa para a segurança do sistema. Portanto, o conhecimento sobre fatores que contribuem para adaptações bem-sucedidas é limitado.

Melhorar a prestação de atividades operacionais envolve a compreensão de que a distribuição de energia é um sistema adaptativo complexo. Os desafios para o funcionamento incluem ameaças regulares (Órgãos Regulamentadores), irregulares (ações propositais, fenômenos naturais, etc.) e sem uma linearidade nos registros estatísticos de eventos impactantes ao sistema. Essas características podem, respectivamente, prejudicar ou contribuir para o surgimento da resiliência organizacional. A resiliência “*é a capacidade dos sistemas ajustarem o seu funcionamento antes, durante ou após as perturbações, de modo que sejam mantidas as operações necessárias, em condições esperadas e inesperadas*” (HOLLNAGEL, 2017, p. 29). A resiliência pode ser caracterizada pela capacidade de monitorar, responder, antecipar e aprender com as ocorrências e atividades desenvolvidas (HOLLNAGEL, 2016).

De acordo com Hollnagel et al. (2006), a Engenharia de Resiliência (ER) tem como, um dos seus objetivos, desenvolver métodos, técnicas e ferramentas para auxiliar os sistemas sócio-técnicos complexos (SSTC) a manter suas operações seguras e produtivas. Segundo Righi, Saurin e Wachs (2015), a ER reconhece que uma parte da variabilidade é inevitável e benéfica, desta forma, deve ser gerenciada, e não atenuada. No estudo desses autores foram identificadas seis áreas de pesquisa: teoria da ER; identificação e classificação de resiliência; ferramentas de gerenciamento de segurança; análise de acidentes; avaliação de risco; e treinamento. Sendo a teoria da ER responsável por 52% dos estudos, observa-se que a pesquisa tem enfatizado a descrição de como o desempenho da resiliência ocorre.

Saurin e Carim Júnior (2011, p. 21) acrescentam que — “*com relação ao erro humano, a Engenharia de Resiliência se baseia em estudos que procuram identificar os fatores que criam as condições que levam ao erro humano*”. Além disso, os autores reforçam que o erro humano pode ser resultado de adaptações mal-sucedidas realizadas pelos operadores diante dos constrangimentos impostos pelo sistema. Ressaltando que constrangimentos são os fatores que

impedem que o trabalho seja realizado na forma como foi planejado, sejam eles de ordem organizacional, coletiva ou individual, por exemplo, a pressão econômica e de tempo.

Hollnagel (2017) afirmou que em 2001, o teórico organizacional norte-americano Karl Weick propôs que a segurança poderia ser entendida como um "não evento dinâmico", ou seja, como os resultados (adversos) que não aconteceram ou foram evitados e não como os resultados (adversos) que aconteceram. A formulação faz sentido imediato, uma vez que o objetivo do gerenciamento de segurança deve ser garantir que não haja resultados adversos - ou, por outras palavras, que as coisas funcionem bem. Isso conduz logicamente como uma forma de medir a segurança:

$$\text{Segurança} = \sum (-\text{Resultados Adversos})$$

Esta definição significa que a segurança é caracterizada pela ausência e não pela presença de falhas (coisas que dão errado), mas que essa ausência é o resultado de esforços ativos e contínuos. O problema prático é que a segurança dessa maneira é expressa em termos de algo que não pode ser observado nem ser medido (HOLLNAGEL, 2017).

Os SST não podem ser especificados em detalhes minuciosos porque os seres humanos não são máquinas. O trabalho efetivo exige que o desempenho continuamente seja ajustado às condições existentes (recursos, tempo, ferramentas, informações, requisitos, oportunidades, conflitos, interrupções). Os ajustes são feitos por indivíduos, por grupos e por organizações e ocorrem em todos os níveis, desde a execução de uma tarefa específica até o planejamento e gerenciamento. Uma vez que os recursos (tempo, materiais, informações, etc.) são quase sempre limitados, os ajustes normalmente serão aproximados e não precisos. Isso raramente é crítico porque as pessoas saberão o que esperar e poderão compensar isso. Os ajustes aproximados são a razão pela qual as coisas geralmente correm bem e “Dão Certo” e por que eles ocasionalmente “Dão errado” (HOLLNAGEL, 2017).

A resiliência depende da conscientização de que indivíduos e organizações habitualmente ajustam seu desempenho para corresponder ao cenário atual (HOLLNAGEL et al., 2004), a fim de equilibrar a incompletude de procedimentos e instruções (HOLLNAGEL, 2009) com as reais necessidades de realizar o trabalho. De acordo com esse raciocínio, os métodos sistêmicos baseados na Engenharia de Resiliência reconhecem a centralidade do trabalho cotidiano, como uma base comum para resultados aceitáveis e inaceitáveis. O equilíbrio entre a carga de trabalho, a produção e a pressão de segurança geraria, assim, uma certa variabilidade no trabalho cotidiano (PATRIARCA et al., 2017).

Entretanto, a resiliência, refere-se (CARALLI et al., 2006; CARLSON et al., 2012; ROELEN et al., 2011; WOOD et al., 2006) para algo que uma organização faz (sua capacidade

de ajustar a maneira como as coisas são feitas) em vez de algo que uma organização tem (por exemplo, contagem de manobras, número de acidentes / incidentes), sua medida ainda é uma questão em aberto. A ER sugere quatro potenciais a serem consideradas para alcançar um desempenho resiliente, ou seja, responder, monitorar, aprender e antecipar. De acordo com a necessidade de compreender e monitorizar a resiliência, pretendida como uma combinação dos quatro potenciais, a Hollnagel desenvolveu originalmente uma ferramenta baseada em questionários, o RAG (Resilience Assessment Grid), sugerindo ainda que a ferramenta não está pronta para uso, mas sim como uma base para desenvolver questões, que devem ser específicas para o sistema em análise. O RAG tem como objetivo medir a resiliência de uma organização no trabalho cotidiano com base na avaliação de como a organização responde, monitora, aprende e antecipa atividades cotidianas. Portanto, ele é desenvolvido como um questionário para produzir um perfil de resiliência da organização, em termos dos quatro potenciais de resiliência (HOLLNAGEL, 2011).

A ER começa com a finalidade de ancorar o conceito de resiliência a algumas características claramente descritas e produzir meios operacionais para permitir, uma combinação de segurança e produtividade (HOLLNAGEL et al, 2006; PATTERSON; DEUTSCH, 2015). Em termos de ER, e analisando como uma organização pode introduzir o conceito de resiliência em sua gestão de segurança, o RAG tem como objetivo medir a forma como a organização se desempenha no trabalho cotidiano e dessa forma avaliar ou medir os potenciais para o desempenho resiliente, a fim de gerenciá-los, em vez de apenas fazer uma comparação (HOLLNAGEL, 2016). Aplica-se um questionário para medir a resiliência e o perfil da organização, em termos das quatro habilidades de resiliência, as chamadas quatro pedras angulares (PATRIARCA, 2017).

## 1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A crescente complexidade dos SST tem implicações para a sua gestão de segurança (DEKKER, 2011). A incompatibilidade entre a natureza do SSTC e sua gestão tem sido apontada com fator contribuinte de uma série de acidentes de grande impacto (DEKKER, 2011; SNOOK, 2000). Um pré-requisito para tal gestão é a compreensão das diferentes dimensões da complexidade.

Em SSTC, o uso dos POP (Procedimentos Operacionais Padrão) é uma atividade cognitiva substancial, que requer interpretação frente a situações de trabalho dinâmicas e complexas (DEKKER, 2003). Ele sugere que um modelo sobre uso de POP em SSTC deve

reconhecer que: (a) os procedimentos são um, dentre diversos possíveis recursos para ação; (b) a segurança resulta de pessoas com habilidade de avaliar a necessidade de adaptar ou não o procedimento, dada a situação local; (c) é necessário monitorar e entender a distância entre o trabalho real e prescrito, tendo em vista reprojeter o sistema para facilitar o trabalho real (DEKKER, 2003, p.235). Hale e Borys (2013) complementam essa visão, apresentando os POP também como construção dinâmica, local e situada de operadores. Práticas de gerenciamento visual no local de trabalho e projeto de margens de manobra, como equipamentos redundantes, podem ser previstas pelo POP, com vistas a apoiar a resiliência (RIGHI e SAURIN, 2015).

Righi (2014) desenvolveu uma avaliação da complexidade relativa, por meio de um questionário originalmente desenvolvido e aplicado em ambiente hospitalar e propõe que a estrutura proposta seja utilizada em diferentes contextos verificando as técnicas utilizadas e as diferenças entre os ambientes.

Embora não exista uma definição única e amplamente aceita de SSTC, nem de suas características, a resiliência é normalmente citada como uma propriedade daqueles sistemas (DEKKER et al., 2013). De fato, a resiliência é fundamental para manter o sistema em funcionamento, sendo influenciada e influenciando as demais características dos SSTC (RIGHI e SAURIN, 2015).

### 1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

A justificativa acadêmica principal para o trabalho é como avaliar a relação entre as características de complexidade e os potenciais de resiliência? Outras questões secundárias abordadas são:

- i) Como avaliar a complexidade em SST ainda pouco abordados?
- ii) Como utilizar a ferramenta RAG em SST?
- iii) Como verificar se os atributos de sistemas complexos se relacionam com os potenciais de sistemas resilientes?

### 1.4 OBJETIVOS

#### 1.4.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um framework para analisar relações entre complexidade e resiliência de sistemas sócio técnicos complexos.

#### 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar a complexidade de uma empresa de operação de sistemas de energia;
- Adaptar a ferramenta RAG para o contexto do planejamento, coordenação e supervisão do sistema elétrico;
- Identificar como os atributos de sistemas complexos se relacionam com os potenciais de sistemas resilientes.

#### 1.5 DELIMITAÇÕES

Empresas do setor elétrico possuem uma elevada gama de atividades e setores para seu desenvolvimento. Este trabalho limitar-se-á aos Centro de Operação de Sistemas e seus colaboradores. Outras empresas do setor, tipos de atividades e quadro funcional não serão estudados em futuras oportunidades.

#### 1.6 ESTRUTURA DA TESE

O Capítulo 1 compreende esta Introdução. Ele apresenta o contexto geral dos temas relacionados com a pesquisa, assim como o problema desta pesquisa, seguido dos objetivos geral e específico, encerrando-se com a delimitação do assunto. Por fim apresenta a estrutura da tese.

O Capítulo 2 contempla o referencial teórico com os principais pontos abordados como: Sistemas Elétricos de Potência, Sistemas Sócio Técnicos Complexos, Vulnerabilidade e Resiliência, Método de Análise de Ressonância Funcional (FRAM), RAG.

O Capítulo 3 aborda a metodologia de pesquisa com os passos detalhados do desenvolvimento do método, bem como a sua aplicação no estudo de caso proposto. Neste capítulo, a etapa de coleta de dados e as observações verificadas nos processos organizacionais, também são detalhadas. Apresenta uma formação genérica e a aplicação de num centro de operações, supervisão, coordenação e controle de sistemas elétricos.

O Capítulo 4 apresenta todos os resultados da aplicação prática do método proposto. A descrição dos resultados quantitativos e qualitativos, o modelo FRAM para o sistema em análise, avaliação dos procedimentos operacionais e a análise de cruzamento dos dados.

O Capítulo 5 traz as discussões pertinentes referentes aos resultados obtidos apresenta as principais contribuições, conclusões da pesquisa e sugestões para pesquisas futuras.

No capítulo de Referências é apresentada toda a bibliografia utilizada por esta tese e finalizando são apresentados o glossário e os apêndices.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 SISTEMA ELÉTRICO DE POTÊNCIA BRASILEIRO

O Brasil está localizado na América do Sul com área de 8.515.770 km<sup>2</sup> e possui uma população que atingiu 208,7 milhões de habitantes em 2018. O país é o quinto mais extenso e populoso no mundo. O crescimento da produtividade e o fortalecimento da indústria são os principais desafios enfrentados pela economia (IBGE, 2018).

Em 2014, um projeto de P&D desenvolvido pela CPFL (Companhia Paulista de Força e Luz) em parceria com o GEPES (Grupo de Energia do Departamento de Engenharia de Energia e Automação Elétricas da Escola Politécnica da USP) e GESEL (Grupo de Estudos do Setor Elétrico - UFRJ) desenvolveu o trabalho intitulado “Características dos sistemas elétricos e do setor elétrico de países e/ou estados selecionados” como parte do projeto de P&D “Panorama e análise comparativa da tarifa de energia elétrica do Brasil com tarifas praticadas em países selecionados, considerando a influência do modelo institucional vigente”, onde foi realizado uma pesquisa do funcionamento do setor elétrico nos países que compõe o G8 (Maiores economias globais) e de alguns outros países com crescimento da economia acelerado (como China, Coreia do Sul, África do Sul etc.) e dentre outras conclusões do trabalho em tela destaca-se a que o modelo do setor elétrico brasileiro funciona com metodologia equivalente aos das maiores economias globais.

O setor elétrico nacional é marcado historicamente pela presença do investimento estatal a partir da década de 1950, que, por meio da criação da Eletrobrás em 1962, possibilitou a criação do SIN (Sistema Interligado Nacional), um complexo de usinas hidrelétricas e seus reservatórios, bem como redes de transmissão que possibilitam a transmissão da energia gerada por quase todo território nacional (ANEEL, 2018).

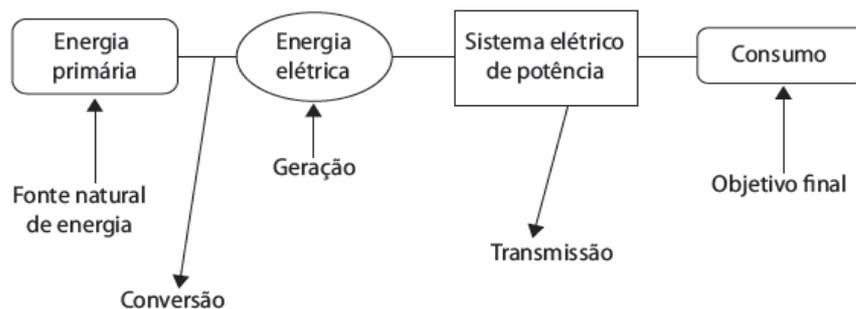
O sistema elétrico brasileiro passou por intensas modificações desde a década de 1990, quando foram privatizadas e desverticalizadas as companhias energéticas. Posteriormente, graças à crise de racionamento de 2001, foram realizadas novamente profundas mudanças no setor elétrico brasileiro criando-se o Novo Modelo do Setor Elétrico (NMSE), que forneceu maior robustez, permitindo a expansão da oferta energética com a reintrodução do planejamento. O crescimento do consumo elétrico tem superado o crescimento do PIB, gerando desafios para a expansão da matriz aliada com segurança de fornecimento. Os consumidores são divididos em consumidores livres e cativos, sendo que o mercado cativo responde pela maior parte da demanda de energia elétrica do Brasil. Os clientes residenciais e pequenos negócios não têm a possibilidade de escolha de comercializador, pois as distribuidoras atuam

também como comercializadoras obrigatórias para todos os clientes com potência contratada reduzida. De todos os segmentos de infraestrutura, a eletricidade é o serviço mais universalizado. Em 2017, o Brasil possuía 80,6 milhões de unidades consumidoras e um grau de universalização que alcançava 99,3% dos domicílios (EPE, 2017).

A energia elétrica, principal fonte de luz, calor e força utilizada no mundo pode ser produzida por diferentes fontes, sendo transmitida e distribuída aos consumidores por sistemas elétricos que se estendem por milhares de quilômetros, constituindo uma complexa estrutura composta por quatro etapas: geração, transmissão, distribuição e consumo. Nesse sentido, visando atender à sua atividade fim, suprimento de eletricidade aos consumidores, dentro de padrões de qualidade, confiabilidade e economia, as redes elétricas estão usualmente espalhadas por grandes regiões geográficas e são compostas, basicamente, pela geração, centralizada nas usinas; transmissão, composta pelas linhas de transmissão e subestações de alta, extra alta e ultra alta tensão; e pela distribuição, composta pelas redes e subestações em tensão mais baixa e próximas aos centros consumidores, construindo uma teia denominada SEP (ANEEL, 2018).

Assim, os SEPs são grandes sistemas de energia que correspondem à geração, à transmissão e à distribuição de energia elétrica, cujo objetivo principal é transferir toda a energia elétrica convertida pela transformação de qualquer fonte de energia primária (água, carvão, vento, calor, etc.) aos consumidores. Conseqüentemente, o ciclo iniciado pela escolha da forma de energia elétrica tem como objetivo final o consumidor, conforme a Figura 1.

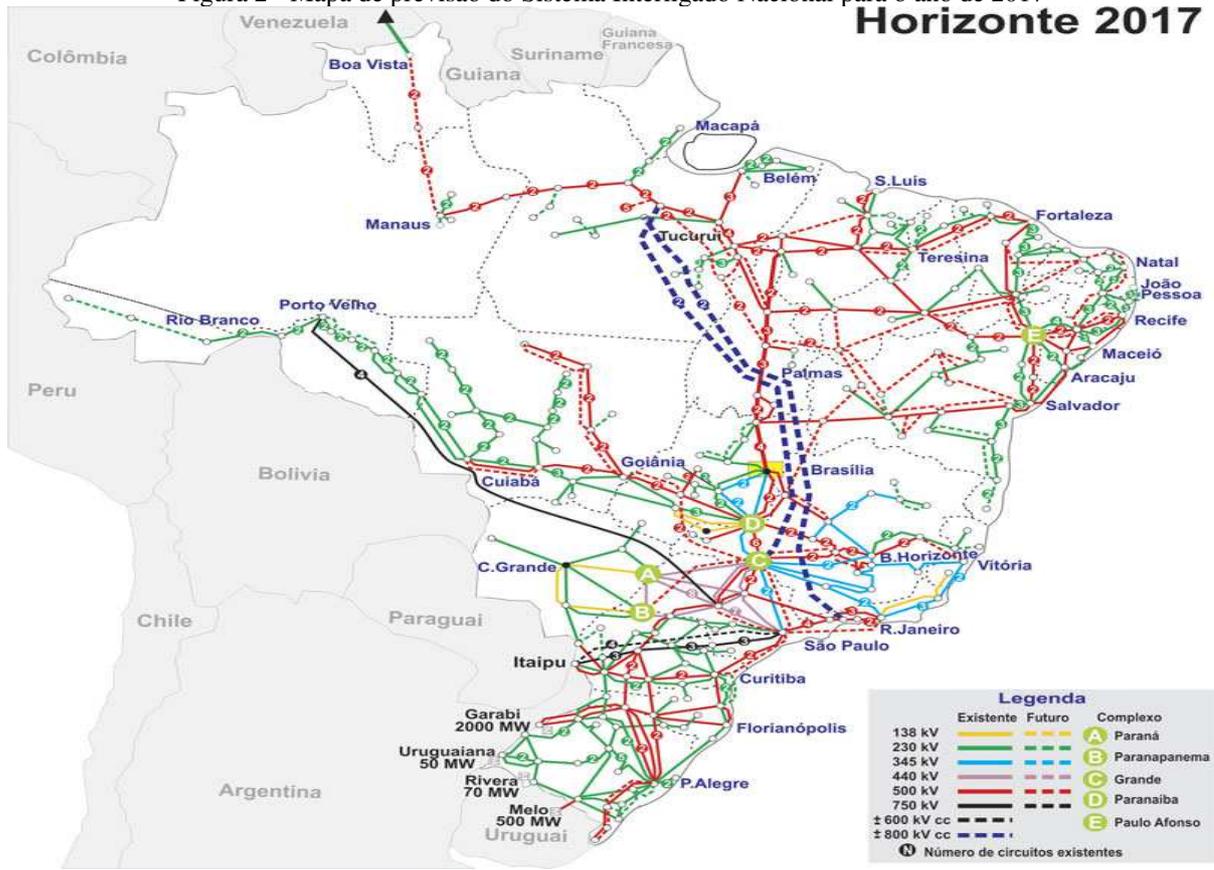
Figura 1 - Fluxo Normal do Sistema Elétrico de Potência



Fonte: AUTOR

O SIN cobre dois terços do território nacional (ONS,2018) e atende cerca de 98% do consumo de eletricidade do país. Por ser um país de dimensões continentais, as cinco regiões possuem diferenças geográficas consideráveis. Essas divergências determinam os contornos do sistema de geração, transmissão e distribuição. Segundo o ONS apenas 1,7% da energia consumida encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados localizados principalmente na região amazônica. A Figura 2 demonstra o mapa previsto do SIN para o ano de 2017.

Figura 2 - Mapa de previsão do Sistema Interligado Nacional para o ano de 2017



Fonte: ONS, 2018

O Brasil, por possuir uma das maiores economias do mundo, tem uma grande demanda de energia elétrica, que atualmente é suprida por um parque de geração com potência instalada de 155 GW, dos quais, 67,8% são oriundos de empreendimentos hidrelétricos. Uma vez que a disponibilidade das hidrelétricas está diretamente ligada à incidência de chuva, faz-se necessário a implementação de diferentes tipos de empreendimentos de geração de energia elétrica para que seja obtida segurança no sistema elétrico. Historicamente, o país adotou a utilização de termelétricas abastecidas com combustíveis fósseis como energia de reserva para dar suporte ao sistema sempre que a demanda não é atendida pela geração hídrica, no entanto, devido às alterações no clima que vem ocorrendo por causa da utilização destes combustíveis, o governo federal tem direcionado todos os incentivos para a instalação de empreendimentos de geração de energia elétrica a partir de fontes renováveis (ONS, 2018).

### 2.1.1 MATRIZ ELÉTRICA

Um complexo sistema de agentes e instituições do setor elétrico, responsáveis desde a geração até a distribuição de energia, passando pela coordenação e regulação deste mercado. O

trabalho para garantir esse simples gesto começa nas unidades geradoras, que no Brasil são, em sua maioria, as hidrelétricas.

No SIN, a produção de energia é realizada com fontes hidro-termo-eólicas, com múltiplos proprietários, preodiminando as hidrelétricas. As regras operativas que garantem a adequada exploração desses recursos energéticos estão estabelecidas nos Procedimentos de Rede do ONS (ONS, 2018).

O SIN é constituído por quatro subsistemas: Sul, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Norte, que abrangem todos os estados brasileiros, com exceção de Roriana. Esse estado, ainda não está integrado à Rede Básica do SIN, atualmente é atendido através da interligação em 230 kV Brasil-Venezuela e por usinas térmicas locais (ONS, 2018).

### 2.1.2 GERAÇÃO

O Brasil possui um total de 7125 empreendimentos<sup>1</sup> em operação, totalizando 159.959.602 kW de potência instalada, conforme apresenta as tabelas 1 a.4.

Tabela 1 - Siglas referente aos tipos de geração

<b>Legenda</b>	
CGH	Central Geradora Hidrelétrica
CGU	Central Geradora Undi-elétrica
EOL	Central Geradora Eólica
PCH	Pequena Central Hidrelétrica
UFV	Central Geradora Solar Fotovoltaica
UHE	Usina Hidrelétrica
UTE	Usina Termelétrica
UTN	Usina Termonuclear

FONTE:BIG, 2018

<sup>1</sup> <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>

Tabela 2 - Capacidade de Geração Elétrica Nacional

<b>Empreendimentos em Operação</b>				
<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Outorgada (kW)</b>	<b>Potência Fiscalizada (kW)</b>	<b>%</b>
<u>CGH</u>	688	675.346	674.692	0,42
<u>CGU</u>	1	50	50	0
<u>EOL</u>	536	13.158.039	13.135.243	8,21
<u>PCH</u>	429	5.153.499	5.125.757	3,2
<u>UFV</u>	2.250	1.307.538	1.307.538	0,82
<u>UHE</u>	220	101.897.047	96.419.579	60,28
<u>UTE</u>	2.999	42.968.140	41.306.743	25,82
<u>UTN</u>	2	1.990.000	1.990.000	1,24
<b>Total</b>	<b>7.125</b>	<b>167.149.659</b>	<b>159.959.602</b>	<b>100</b>

FONTE:BIG, 2018

Está previsto para os próximos anos uma adição de 20.068.524 kW na capacidade de geração do País, proveniente dos 215 empreendimentos atualmente em construção, conforme a tabela 2, e mais 381 em Empreendimentos com Construção não iniciada, conforme a tabela 3 (ANEEL, 2018).

Tabela 3 - Usinas de geração elétrica nacional em construção

<b>Empreendimentos em Construção</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Outorgada (kW)</b>	<b>%</b>
<u>CGH</u>	5	4.810	0,05
<u>EOL</u>	116	2.588.050	25,71
<u>PCH</u>	29	369.099	3,67
<u>UFV</u>	30	831.796	8,26
<u>UHE</u>	6	1.254.100	12,46
<u>UTE</u>	28	3.667.591	36,44
<u>UTN</u>	1	1.350.000	13,41
<b>Total</b>	<b>215</b>	<b>10.065.446</b>	<b>100</b>

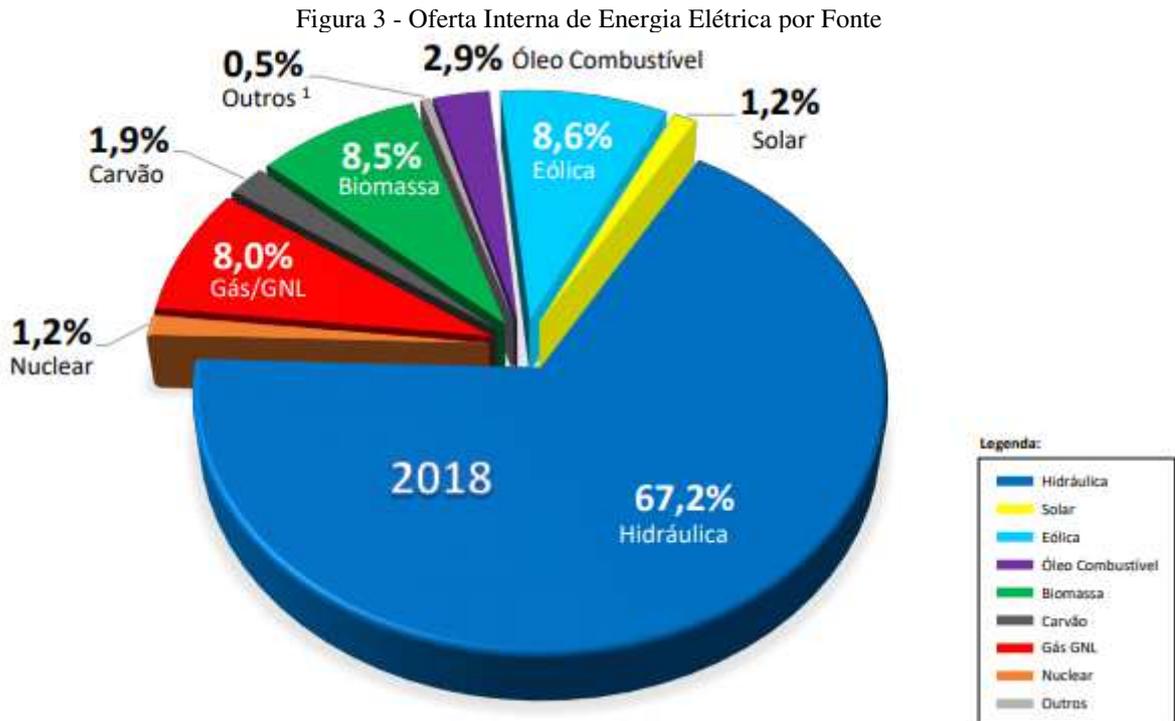
FONTE:BIG, 2018

Tabela 4 - Usinas de geração elétrica nacional projetada e não iniciada

<b>Empreendimentos em fase de Projeto – Obra Não Iniciada</b>			
<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Potência Outorgada (kW)</b>	<b>%</b>
<u>CGH</u>	2	6.000	0,06
<u>EOL</u>	103	2.447.686	24,47
<u>PCH</u>	116	1.542.399	15,42
<u>UFV</u>	35	955.195	9,55
<u>UHE</u>	7	694.180	6,94
<u>UTE</u>	118	4.357.618	43,56
<b>Total</b>	<b>381</b>	<b>10.003.078</b>	<b>100</b>

FONTE:BIG, 2018

O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com destaque para a fonte hídrica que responde por 65,2% da oferta interna. As fontes renováveis representam 80,4% (hidroelétrica+Biomassa+Eólica+Solar) da oferta interna de eletricidade no Brasil, que é a resultante da soma dos montantes referentes à produção nacional mais as importações, que são essencialmente de origem renovável, conforme mostrado na figura 3, que apresenta a estrutura da oferta interna de eletricidade no Brasil em 2017 (EPE, 2018).



Fonte: ONS, 2018

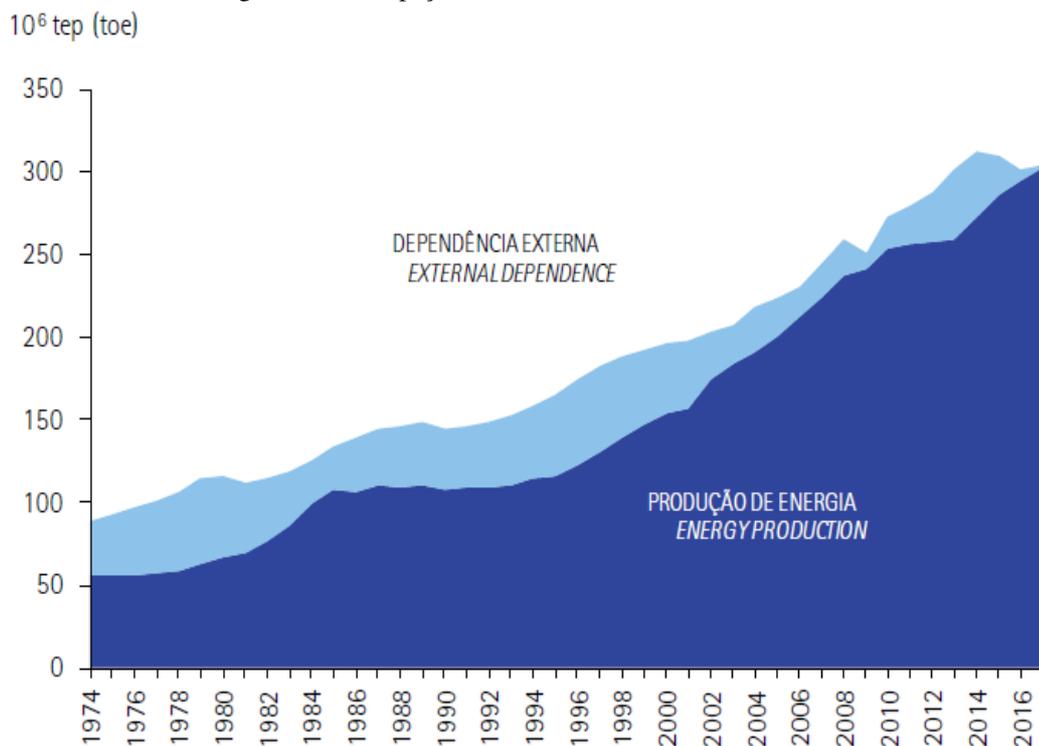
Segundo dados do Balanço Energético Nacional (EPE, 2018), a geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e autoprodutores para o ano de 2017 foi de 588 TWh, resultado 1,6% superior ao ano de 2016. As centrais elétricas de serviço público, participaram com 83,5% da geração total. A geração hídrica, principal fonte de produção de energia elétrica no Brasil, teve sua participação reduzida em 2,6% na comparação com o ano anterior superior ao de 2016 (ONS, 2018).

A geração elétrica a partir de não renováveis representou 20,8% do total nacional, contra 19,6% em 2016. A geração de autoprodutores (APE) em 2017 participou com 16,5% do total produzido, considerando o agregado de todas as fontes utilizadas, atingindo um montante de 96,8 TWh. Desse total, 55,4 TWh não foram injetados na rede, ou seja, produzidos e consumidos pela própria instalação geradora, usualmente denominada como APE clássica. A autoprodução clássica agrega as mais diversas instalações industriais que produzem energia

para consumo próprio, a exemplo dos setores de Papel e Celulose, Siderurgia, Açúcar e Álcool, Química, entre outros, além do Setor Energético. Neste último, destacam-se os segmentos de exploração, refino e produção de petróleo (ONS, 2018).

O Brasil possui, também, conexões elétricas com a Argentina, o Paraguai, o Uruguai e a Venezuela. Os sistemas elétricos venezuelano e paraguaio são predominantemente hidráulicos, enquanto o argentino é 70% térmico. A matriz uruguaia conta especialmente com fontes renováveis (hidrelétricas, eólicas e biomassa). O principal parceiro do Brasil é o Paraguai, com quem divide a UHE binacional de Itaipu. O Paraguai não tem demanda interna para consumir integralmente sua cota da eletricidade gerada e o Brasil consome a maior parte da energia gerada em Itaipu. A figura 4 apresenta a participação setorial no consumo de eletricidade anual em Mega tep<sup>2</sup> (toe<sup>3</sup>) (BEN 2018 - RELATÓRIO FINAL, 2018).

Figura 4 - Participação setorial no consumo de eletricidade



Fonte: BEN 2018 - RELATÓRIO FINAL, 2018

Os intercâmbios com a Venezuela são importantes para o abastecimento do estado de

<sup>2</sup> tep (Tonelada equivalente de petróleo): Unidade de energia. A tep é utilizada na comparação do poder calorífico de diferentes formas de energia com o petróleo. Uma tep corresponde à energia que se pode obter a partir de uma tonelada de petróleo padrão (ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, p. 143, 2018).

<sup>3</sup> toe (Tonelada por óleo equivalente): Significa em inglês “Tonne of Oil Equivalent” e corresponde a uma medida de energia. Esta medida corresponde à energia equivalente à queima de uma tonelada de “óleo cru” (NOGUEIRA, 2007).

Roraima, que não está interligado ao SIN, mas conta com uma interligação internacional de 230 kV até a UHE de Guri. O Brasil é um importador líquido de eletricidade. A carga importada variou entre 35,9 TWh e 42,9 TW, a maior parte deste valor correspondendo à compra de energia de Itaipu pertencente ao Paraguai.

No Brasil, o sistema elétrico possui características que permitem considera-lo único em âmbito mundial. Até recentemente, final do século XX, esse sistema era formado por dois grandes sistemas interligados, um com as empresas das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste e outro reunindo as concessionárias da região Nordeste e parte da região Norte. No final de fevereiro de 1999, esses dois sistemas foram unidos por uma linha de transmissão com 1000 MW (Megawatts) ou 1,0 GW (Gigawatts) de capacidade, a Interligação Norte-Sul, passando a formar um único sistema interligado de âmbito nacional. A operação harmônica desse sistema interligado depende da definição das áreas de atuação das empresas e da hierarquização da autoridade e responsabilidades nas várias atividades relacionadas a, por exemplo: controle da geração, da frequência, da operação do Controle Automático de Geração (CAG), da recomposição, da segurança do sistema, etc (ONS,2018).

As usinas hidrelétricas têm perdido participação percentual a cada ano. Em 2008, 72,8% da capacidade instalada provinha de usinas hidrelétricas, valor que caiu para 64% (UHE+PCH) em 2018. Essa tendência confirma a transformação da matriz do modelo hídrico para o hidrotérmico. De todo o mundo, o Brasil é o terceiro país com maior potencial técnico hidrelétrico, atrás da China e da Rússia, estimado em 260 GW, dos quais aproveita atualmente 30%. O potencial restante a ser aproveitado está localizado principalmente nas bacias do Tocantins/Araguaia e do Amazonas (ANEEL,2018). As principais usinas estão na bacia do Paraná, favorecidas pelo desnível do relevo. A UHE binacional de Itaipu (14 GW) foi a maior hidrelétrica geradora de eletricidade até 2013, embora perdesse em capacidade instalada para a UHE chinesa de Três Gargantas (22,5 GW). No entanto, em 2014, Três Gargantas construída na China, superou a geração de Itaipu, consagrando-se também maior produtora hídrica. Atualmente em construção, a UHE de Belo Monte será a maior usina exclusivamente nacional, com uma capacidade instalada de 11,2 GW, o que a configurará como a terceira maior usina hidrelétrica do mundo. Além de Belo Monte, outras usinas foram ou estão sendo construídas, como Jirau (3,75 GW) e Santo Antônio (3,57 GW), Teles Pires (1,8 GW). Dessa forma, embora a política energética busque dinamizar a matriz, as fontes hídricas não estão sendo renegadas, e o potencial existente está sendo aproveitado com novos empreendimentos.

Esses empreendimentos na fronteira amazônica caracterizam-se por serem a fio d'água, com capacidade de regulação reduzida. Assim, a capacidade de geração elétrica será maior

durante o período úmido, coincidindo com as cheias dos rios. Porém, no período seco, serão necessárias outras fontes complementares para abastecer a demanda de energia elétrica.

As fontes térmicas passaram de 42 GW, nessas fontes, são considerados tanto os combustíveis fósseis como a biomassa. O crescimento é reflexo do remodelo da matriz hídrica, com a necessidade de instalação de um parque térmico fortalecido. As fontes nucleares experimentaram estabilidade durante o período, de 2 GW (BIG, 2018). O parque nuclear brasileiro é composto por duas usinas localizadas no município de Angra dos Reis: Angra 1 e Angra 2. Angra 1 passou a operar comercialmente em 1985 com um reator PWR. A usina possui 640 MW de potência. Angra 2 começou a operar somente em 2001 e possui 1,35 GW de capacidade. Para 2026, conforme previsão da ELETROBRAS, está prevista a operação de Angra 3, de 1,4 GW de potência; uma réplica de Angra 2 com a incorporação de avanços tecnológicos (O GLOBO, 2018).

As fontes eólicas passaram de 14 GW. Os programas que favoreceram o alcance desse potencial estão associados principalmente aos subsídios oferecidos pelo governo federal. O Brasil é favorecido em termos eólicos por uma oscilação relativamente pequena na velocidade do vento, sobretudo no Nordeste. Além disso, a velocidade dos ventos costuma ser melhor em períodos de seca, o que garante um papel central de fonte complementar ao regime hídrico. Há a previsão de que o potencial chegue a 350 GW. Os maiores potenciais estão na região Nordeste, no Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais e no Rio Grande do Sul (FOLHAPE/ECONOMIA, 2018).

### 2.1.3 REDES DE TRANSMISSÃO E DISTRIBUIÇÃO

Atualmente, o país tem 331 concessionárias de transmissão, sendo 127 empresas e 204 concessões (SEAMSE,2018). As novas concessões de transmissão são atribuídas via leilão organizado pela ANEEL e têm um prazo de 30 anos para exploração. As cláusulas estabelecem que quanto mais eficientes forem as empresas em manutenção e operação das instalações de transmissão, melhor será a receita obtida (CONTRATOS DE CONCESSÃO ANEEL, 2018).

O sistema elétrico brasileiro é dividido em cinco subsistemas: sistemas isolados (fora do SIN), Norte, Sudeste/Centro-Oeste, Nordeste e Sul. Essa divisão não segue criteriosamente os limites geográficos das classificações estaduais em regiões. Em 2017, a rede de transmissão brasileira tinha uma extensão de aproximadamente 141388 km de linhas de alta voltagem (Maiores que 230kV). Naquele ano, a Eletrobras era a detentora de quase metade dos ativos de transmissão, sendo responsável por 57,290 km de linhas. Desse total, 93,7% são de propriedade

de quatro empresas transmissoras (Eletrobras Chesf, Eletronorte, Eletrosul e Furnas) e os 6,3% restantes foram adquiridos em leilões em parceria com outras empresas. De 2008 a 2017, a extensão total das linhas de transmissão no Brasil passou de 91.928 km para 144.318 km, um crescimento de 57%. (SIN, 2018).

A transmissão é um monopólio natural regulado e os serviços públicos são prestados por concessões, sendo as novas concessões atribuídas através de leilões. A ANEEL é a responsável por celebrar os contratos em nome do Poder Concedente, que indicam os direitos e deveres do concessionário, além de fiscalizar a execução do serviço prestado. As receitas recebidas pelo transmissor são compostas de encargos de uso do sistema de transmissão, pagos por todos os usuários da rede básica, incluindo geradores, distribuidoras e alguns consumidores de grande porte. Desde a reforma do setor nos anos de 1990, há livre acesso às instalações de transmissão e o sistema é operado pelo ONS (TOLMASQUIM, 2015).

O sistema de distribuição de energia é aquele que se confunde com a própria topografia das cidades, ramificado ao longo de ruas e avenidas para conectar fisicamente o sistema de transmissão, ou mesmo unidades geradoras de médio e pequeno porte, aos consumidores finais da energia elétrica (ABRADE, 2018).

A conexão, o atendimento e a entrega efetiva de energia elétrica ao consumidor do ambiente regulado ocorrem por parte das distribuidoras de energia. A energia distribuída, portanto, é a energia efetivamente entregue aos consumidores conectados à rede elétrica de uma determinada empresa de distribuição, podendo ser rede de tipo aérea (suportada por postes) ou de tipo subterrânea (com cabos ou fios localizados sob o solo, dentro de dutos subterrâneos). Do total da energia distribuída no Brasil, dentre as Distribuidoras associadas à Abradee, o setor privado é responsável pela distribuição de, aproximadamente, 60% da energia, enquanto as empresas públicas se responsabilizam por, aproximadamente, 40%. (ABRADEE, 2018)

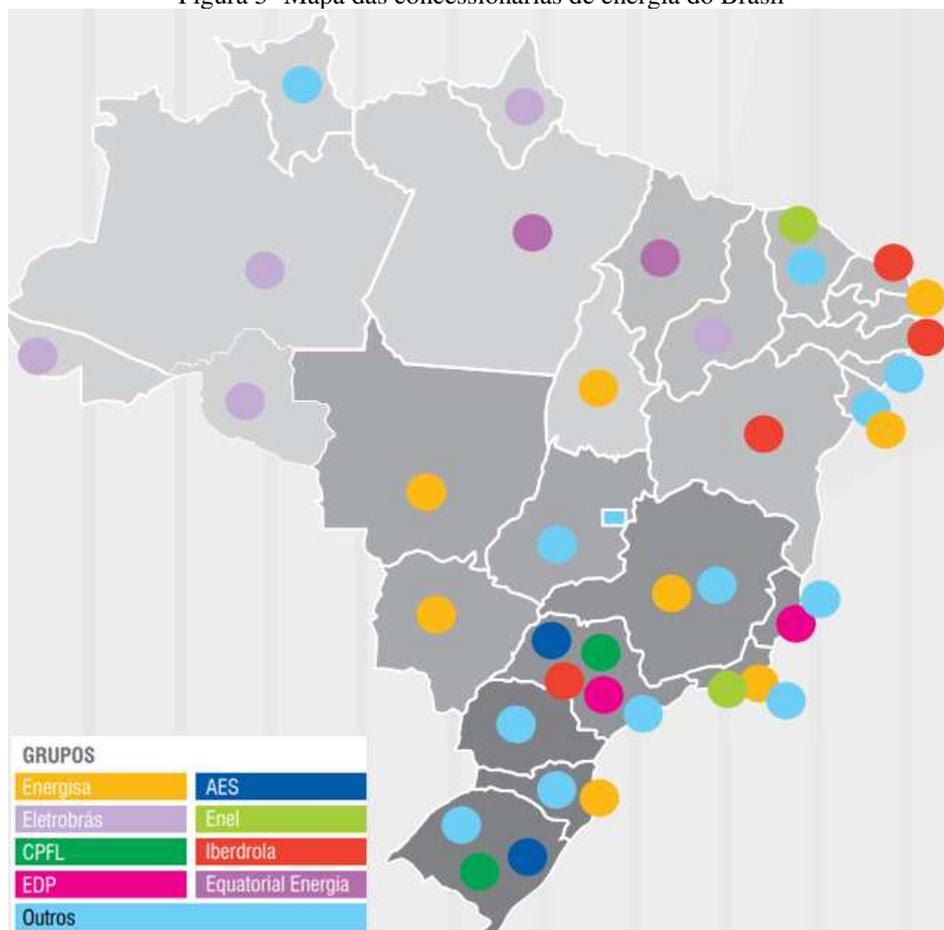
O setor de distribuição é um dos mais regulados e fiscalizados do setor elétrico; além de prestar serviço público sob contrato com o órgão regulador do setor, a ANEEL, a própria Agência edita Resoluções, Portarias e outras normas para o funcionamento adequado do setor de Distribuição, sendo muito rigorosa com sua fiscalização. Um exemplo são os Procedimentos de Distribuição (PRODIST), o qual dispõe disciplinas, condições, responsabilidades e penalidades relativas à conexão, planejamento da expansão, operação e medição da energia elétrica. Ele ainda estabelece critérios e indicadores de qualidade para consumidores e produtores, distribuidores e agentes importadores e exportadores de energia (ANEEL, 2018).

Vale acrescentar que as distribuidoras de energia, assim como as transmissoras, não podem estabelecer seus próprios preços, pois são reguladas pelo Poder Concedente,

representado pela ANEEL. Isso se deve principalmente ao fato de as distribuidoras serem concessionárias do serviço público de distribuição de energia, signatárias de contratos de concessão que preveem métodos regulatórios para o estabelecimento de preços aos consumidores (ANEEL, 2018).

A distribuição é um monopólio natural regulado conforme apresentado nas figura 5 e 6. As empresas que prestam o serviço de distribuição devem celebrar contratos de concessão com a ANEEL, como representante do MME (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA) na qualidade de poder concedente, estabelecendo previamente diversas regras como, a qualidade do serviço, continuidade, entre outras. Em caso de não atendimento às metas estipuladas, as concessionárias sofrerão penalidades. As distribuidoras são remuneradas com tarifas que consideram tanto a compra de energia elétrica quanto o serviço de transmissão e distribuição.

Figura 5- Mapa das concessionárias de energia do Brasil



Fonte: Geração Smart Grid, 2017

Figura 6 - Concessionárias de energia do Brasil

REGIÃO NORTE				REGIÃO SUL				REGIÃO SUDESTE			
Estado	Concessionária	Grupo	Tipo	Estado	Concessionária	Grupo	Tipo	Estado	Concessionária	Grupo	Tipo
TO	Energisa TO	Energisa	Privado	PR	Copel	-	Público (estadual)	MG	Cemig	Cemig	Público (estadual)
PA	Celipa	Equatorial Energia	Privado	PR	COCEL - Companhia Copolarguense de Energia	-	Privado	MG	Energisa MG	Energisa	Privado
AP	CEA - Companhia de Eletricidade do Amapá	-	Público (estadual)	PR	CFLO	Energisa	Privado	MG	EEB MG	-	Privado
RR	Eletrobrás RR	Eletrobrás	Público (federal)	PR	FORCEL - Força e Luz Coronel Vivida Ltda.	-	Privado	MG	DMED - DME Distribuição S.A.	-	Privado
RR	CERR - Companhia Energética de Roraima	-	Público (federal)	SC	Celesc	-	Público (estadual)	ES	EDP Espírito Santo	EDP	Privado
AM	Eletrobrás AM	Eletrobrás	Público (federal)	SC	Aliança Cooperativa Aliança	-	Privado	ES	SANTA MARIA Empresa Luz e Força Santa Maria S.A.	-	Privado
AC	Eletrobrás AC	Eletrobrás	Público (federal)	SC	Iguaçu Energia	-	Privado	RJ	Light	RME	Privado
RO	Ceron	Eletrobrás	Público (federal)	SC	Força e Luz João Cesa Ltda.	-	Privado	RJ	Energisa NF	Energisa	Privado
REGIÃO NORDESTE				SC	EFLUL - Empresa Força e Luz de Urussanga Ltda.	-	Privado	RJ	Enel RJ	Enel	Privado
MA	Cimarr	Equatorial Energia	Privado	RS	CEEE - Companhia Estadual de Energia Elétrica	-	Público (estadual)	SP	Eletropaulo	AES	Privado
PI	Eletrobrás PI	Eletrobrás	Público (federal)	RS	RGE Sul	CPFL	Privado	SP	Elektro	Iberdrola	Privado
CE	Enel CE	Enel	Privado	RS	Muxfeldt, Marin & Cia. Ltda.	-	Privado	SP	CPFL	CPFL	Privado
RN	Cosern Neoenenergia	Iberdrola	Privado	RS	Nova Palma Energia	-	Privado	SP	EDP São Paulo	EDP	Privado
AL	Eletrobrás AL	Eletrobrás AL	Público (federal)	RS	Hidropan	-	Privado	SP	Caluá	Energisa	Privado
SE	Energisa SE	Energisa	Privado	RS	DEMEI - Departamento Municipal de Energia de Ijuí	-	Público (municipal)	SP	EDEVF	Energisa	Privado
SE	Selgipe - Companhia Sul Sergipana de Eletricidade	-	Privado	RS	ELETROCAR - Centrais Elétricas de Carazinho S.A.	-	Público (municipal)	SP	EEB	Energisa	Privado
BA	Coelba Neoenenergia	Iberdrola	Privado	REGIÃO CENTRO OESTE				DF	CEB Distribuição S.A.	CEB	Público (estadual)
PB	Energisa PB	Energisa	Público (federal)	GO	Enel GO	Eael	Privado	GO	CHESP - Companhia Hidroelétrica São Patrício	-	Privado
PE	Celpe Neoenenergia	Iberdrola	Privado	MS	Energisa MS	Energisa	Privado	MT	Energisa MT	Energisa	Privado

Fonte: Geração Smart Grid, 2017

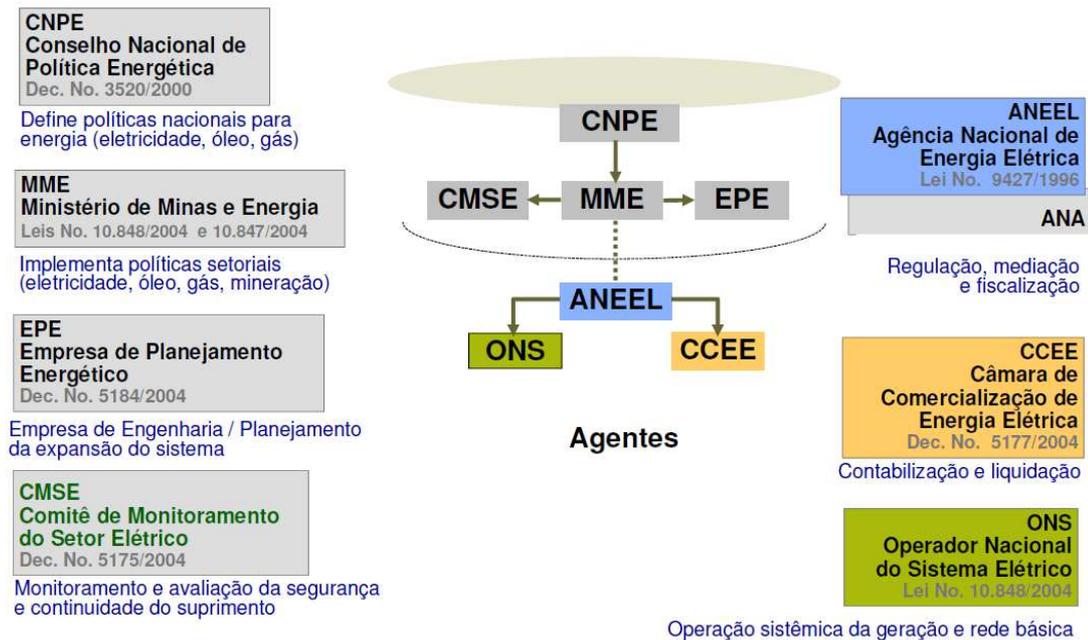
#### 2.1.4 MARCO INSTITUCIONAL

Segundo Tolmasquim (2015), há duas categorias de agentes: institucionais e econômicos. No primeiro grupo encontram-se: CNPE, MME, CMSE, ANEEL, EPE, CCEE, ONS e Agências Reguladoras Estaduais. O segundo grupo é formado pelas geradoras, transmissoras, distribuidoras e comercializadoras. Ainda segundo esse autor, os agentes institucionais realizam atividades de três naturezas:

- Atividades de governo – CNPE, MME e CMSE.
- Atividades regulatórias - ANEEL.
- Atividades especiais – EPE, CCEE e ONS.

No Brasil, além de entidades privadas, existem instituições criadas para zelar pelo bom funcionamento do setor elétrico nacional, conforme apresentado na figura 7 (ANEEL, 2018):

Figura 7 - Estrutura Institucional do Setor Elétrico Brasileiro



Fonte: CHIPP, 2010

- a) *Conselho Nacional de Política e Energia (CNPE)* é um órgão assessor do Presidente da República cuja principal atribuição é o estabelecimento de diretrizes das políticas energéticas destinadas à promoção do aproveitamento racional dos recursos de energia;
- b) *Ministério de Minas e Energia (MME)* é o órgão do Governo Federal responsável pela condução das políticas energéticas do Brasil. Dentre suas obrigações está a formulação e implantação de políticas para o setor energético, de acordo com as diretrizes do CNPE. O MME deve planejar o setor energético de forma integrada, monitorando a segurança de suprimento e definindo ações de prevenção;
- c) *Comitê de Monitoramento do Setor de Energia (CMSE)*, atuando sob a direção do MME, responde pelo monitoramento das condições de fornecimento do sistema e pela indicação de soluções necessárias para resolver os reveses identificados;
- d) *Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL)* tem por missão regular e fiscalizar o setor elétrico de acordo com as políticas estabelecidas pelo MME. Cabe à ANEEL, a administração das concessões de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, inclusive com o controle tarifário dos agentes que por lei tenham tarifa regulada; fiscalização da prestação de serviços públicos pelas concessionárias, impondo multas quando necessárias; promulgação de normas para o setor elétrico de acordo com a legislação em vigor; implantação e regulação da exploração de fontes de energia, inclusive hidrelétrica; promoção de licitações para novas concessões; resolução de disputas litigiosas do setor elétrico e definição de critérios metodológicos para determinar as tarifas de transmissão;

**e) Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) deve coordenar e controlar as operações de geração e transmissão no Sistema Interligado Nacional (SIN) por meio do despacho centralizado. Está sujeito à supervisão da ANEEL. Tem por missão assegurar aos usuários do sistema a continuidade, qualidade e economicidade de suprimento da eletricidade. O ONS ainda propõe ampliações das instalações na rede básica e reforços nas linhas existentes;**

f) *Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE)* é uma entidade sem fins lucrativos regulada e fiscalizada pela ANEEL. A CCEE tem a missão de viabilizar a comercialização de energia elétrica no SIN, a despeito da região em que o agente do mercado atacadista estiver. Dentre os principais papéis da CCEE, estão: realização, por delegação da ANEEL, de leilões públicos no ambiente de contratação regulada (ACR); registros de contratos de comercialização no ACR e no ambiente de contratação livre (ACL); contabilização e liquidação das transações de curto prazo. É a CCEE que calcula e divulga o Preço de Liquidação das Diferenças (PLD), que valora o custo do MWh no Mercado de Curto Prazo;

g) *Agência Nacional de Águas (ANA)* é responsável pela regulação da utilização da água em corpos aquíferos sob o domínio federal. Seus objetivos incluem a garantia da qualidade e quantidade da água para atender a usos diversos, a implantação do Plano Nacional de Monitoramento de Recursos Hídricos – mecanismos que ensejam o uso racional dos recursos hídricos no país. Os rios e lagos sob domínios estaduais são de competência de órgãos das unidades federativas;

H) *Eletrobras* é uma companhia de capital aberto e misto, controlada pelo Governo Federal, mas com participação privada, que atua nas áreas de geração, transmissão e distribuição de eletricidade. A empresa dá suporte a programas estratégicos do governo, como o PROINFA, o Programa de Eletrificação Rural e o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. Com essa finalidade, a entidade apenas controla parte dos encargos que incidem na tarifa elétrica aos consumidores, embora não seja de sua competência definir a incidência tarifária. Na condição de holding, controla grandes partes dos sistemas de geração e transmissão de eletricidade no país, através de seis subsidiárias de geração, e de distribuição em companhias da região Norte e Nordeste.

i) Empresa de Pesquisa Energética (EPE) foi criada através da Lei nº 10.847. É responsável por pesquisas e estudos de planejamento do setor eletroenergético para subsidiar a implantação de ações definidas pelo MME, elaborar e publicar o Balanço Energético Nacional (BEN) e determinar o aproveitamento ótimo dos potenciais hidráulicos

### 2.1.5 FUNCIONAMENTO DO SISTEMA ELÉTRICO

Por motivos técnicos-econômicos, os geradores de energia são projetados para gerar tensões de até 25 kV e então elevadas para valores entre 69 e 765 kV nas subestações para etapa de transmissão. Através dessa elevação, obtêm-se valores reduzidos de corrente, diminuindo significativamente as perdas por efeito Joule (calor); desta forma, é possível utilizar condutores com bitolas menores, tornando a transmissão economicamente viável (KAGAN e CEBRIAN, 2010).

Para que o sistema funcione corretamente o equilíbrio entre geração e carga deve ser zero a todo momento. Como a potência consumida em qualquer sistema elétrico tem comportamento aleatório, a potência gerada está sempre seguindo a potência consumida para poder, assim, permitir o fechamento do equilíbrio entre geração e carga. Por que a carga é aleatória? Essa resposta é simples: porque a todo o momento estão sendo ligados e desligados equipamentos à rede elétrica. Imaginando a seguinte situação: em uma casa, quando um indivíduo entra em seu quarto e liga a lâmpada, o sistema percebe imediatamente o aumento da carga, quando ele sai e desliga a lâmpada novamente o sistema sente a diminuição da carga. Quando essas ações foram tomadas, pelo indivíduo, não houve uma programação, ele não precisou avisar a concessionária de energia em qual hora a lâmpada iria ser ligada e em qual hora iria desligá-la. Agora, considerando milhões de pessoas e milhões de equipamentos, com milhares de potências diferentes, interagindo a todo momento com o sistema elétrico tem-se uma noção de como a carga é aleatória (BATISTA, 2010)

Apesar de aleatória, a carga pode ser prevista de acordo com o comportamento da população à qual está associada. Por exemplo, no Brasil, durante a madrugada a carga é mais baixa que no horário comercial, que é mais baixa que no período da noite. Isso porque na madrugada a maior parte da população está dormindo. Durante o horário comercial as fábricas, escritórios, etc, estão em atividade. Já a noite a população costuma tomar banho ligando chuveiros elétricos – vilão no consumo de energia. Tomando-se como base esses argumentos, definem-se os patamares tradicionais de carga como carga leve, média e pesada, durante as 24 horas do dia. O objetivo primordial de um SEP é propiciar o fornecimento de energia elétrica, devendo estar adequado, confiável, sem interrupções e com uma forma determinada de qualidade. Para atingir esse objetivo, a operação dos sistemas de potência envolve muitos estudos interrelacionados, que incluem (CURI; NEGRISOLI, 1981):

- Estudos de fluxo de carga ("*Load Flow*");
- Estudos de estabilidade;

- Análise de faltas;
- Despacho econômico;
- Escolha adequada das máquinas a serem colocadas em serviços;
- Planejamento de manutenção;
- Requisitos de segurança e reserva flutuante;
- Controle de carga e frequência;
- Previsão de cargas.

Basicamente, um sistema de potência consiste em um número de nós ou barramentos, os quais estão interligados por linhas. Por um lado, encontram-se conectadas a estes barramentos as unidades geradoras, enquanto que por outro lado e em outros barramentos estão as cargas (transformadores, consumidores de carga ativa, motores, entre outros). Podem ser encontrados igualmente em alguns barramentos outro tipo de cargas como condensadores, banco de capacitores, reatores e geradores síncronos. A potência é transferida de um barramento para outros através de linhas de conexão alimentando as citadas cargas. Este fluxo de potência rege-se pelas equações do sistema elétrico e o modelo padrão de fluxo depende principalmente da carga, da distribuição da geração e da configuração da rede. A quantidade de potência gerada por cada unidade é condicionada pela sua capacidade e a quantidade de potência que cada linha pode transferir é limitada pelas suas características, o mesmo acontece com cada transformador e os equipamentos que compõem esta rede de energia elétrica (CURI; NEGRISOLI, 1981).

#### 2.1.6 OPERAÇÃO DO SISTEMA ELÉTRICO

Em decorrência do grande desafio e da grande quantidade de informações a serem analisadas e processadas, tornou-se imprescindível automatizar a Operação e o Gerenciamento de Sistemas Eletro-Energéticos. A automação da Operação, ou Gerenciamento de Energia, só foi possível com a implantação de dois tipos de Centros de Controle (AZEVEDO e OLIVEIRA, 2001):

- Um responsável pela gestão dos Sistemas de Geração e Transmissão, denominado Sistema de Gerenciamento de Energia ou **EMS** (*Energy Management System*);
- Outro responsável pela gestão dos Sistemas de Distribuição de Energia, denominado Sistema de Gerenciamento de Distribuição ou **DMS** (*Distribution Management System*).

As Tarefas dos Centros de Controle são:

- Planejamento (Operação e Expansão);
- Supervisionamento (Sistema e controle supervisão);

- Operação e Controle;
- Análise das atividades;
- Análise e controle de segurança em tempo real (manter o Sistema Elétrico operando sem sobrecarga em equipamentos e atendendo todos os consumidores, em qualquer condição ou estado de operativo).

A dificuldade ou até mesmo a complexidade da gestão de energia aumenta à medida que mais agentes (geradores, transmissores, consumidores, etc), novas tecnologias e forças sócio-econômicas são incluídos nos Sistemas Eletro-Energéticos.

Um SEP é um conglomerado de equipamentos que têm por objetivo alimentar uma determinada carga com um grau de qualidade e dentro da capacidade estabelecida por cada um destes dispositivos. Porém, nem sempre estes equipamentos podem oferecer total garantia de funcionamento, obrigando-os às vezes a efetuar uma manutenção (Manutenção Preventiva) ou quando menos se espera os mesmos param de funcionar ocasionado uma sobrecarga nos outros equipamentos mais próximos. Portanto, definem-se os seguintes modos de operação: Normal, Emergência e Restaurativo. Um SEP opera na maior parte do tempo no estado que se denomina de Normal (região segura). Algumas contingências simples podem levá-lo para uma região insegura, entretanto controles preventivos adequados podem conseguir reverter esta situação e colocar o sistema numa região segura. Dessa forma, são raras as ocorrências que levam o sistema ao estado de Emergência, geralmente causadas por contingências múltiplas graves. Porém, quando isto acontece, o sistema sofre um colapso que pode afetar uma grande parte, o que requer a existência de controles de emergência e de recuperação para recompor o sistema e retorná-lo à denominada região segura. Sendo assim, um destes controles preventivos está constituídos pelo que se denomina de Segurança do Sistema, onde são monitoradas as condições em que o sistema está funcionando e mediante indicadores pode ser feita uma avaliação que será descrita (SATO, 2002).

Sendo o objetivo principal atender satisfatoriamente a todos os consumidores, é essencial para o sistema de potência permanecer numa região segura em todas as circunstâncias. As condições do meio ambiente, como as condições atmosféricas, e a demanda de carga variam constantemente, conseqüentemente, o estado do sistema de potência nunca é estático. Por isso, algum tipo de avaliação de segurança ou análise deve ser feito para verificar se o sistema está em uma região segura ou não. Poderão ser feitos então dois tipos de avaliações: uma direta que poderá revelar aos operadores a necessidade ou não de controles mais estritos, de forma a garantir o funcionamento do sistema no estado seguro de operação; e outra indireta de segurança que poderá auxiliar em muitas rotinas de operação e planejamento, os quais podem ser de vital

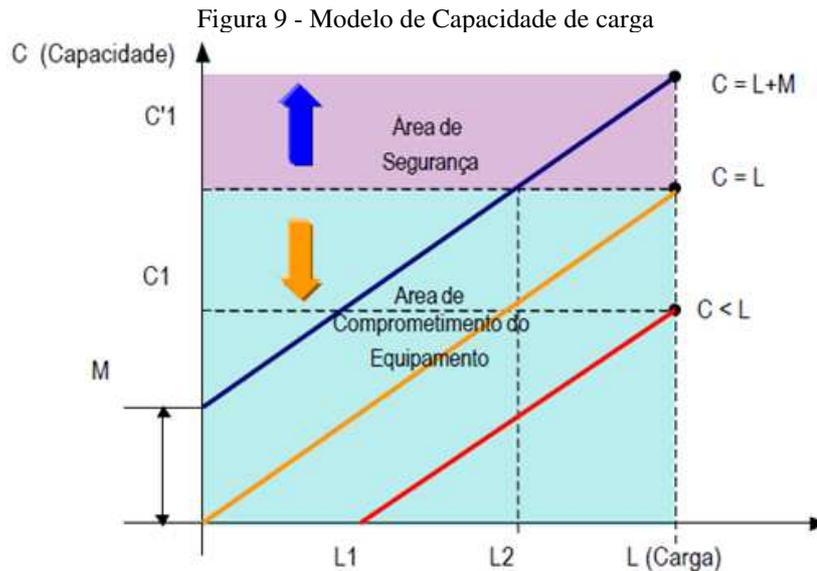
importância à segurança do sistema. A figura 8 apresenta uma exemplificação das áreas de operação definidas como normal, emergência e recuperação

Figura 8 - Exemplificação das áreas de operação definidas como normal, emergência e recuperação



Fonte: Paredes, 2002, p.15

Pelos motivos descritos, qualquer esquema de avaliação de segurança deve possuir certas características que podem ser listadas como seguem: preciso, consistente, rápido, fácil implantação, adaptável a mudanças do sistema, custo razoável, capaz de fornecer resultados, que possam ser facilmente interpretados. De modo a obter uma avaliação de segurança de sistemas de potência, preciso e consistente, as medidas das diversas variáveis obtidas devem ser exatas. Em geral, estas medições não são muito precisas, elas possuem um grau variável de imprecisão. Entretanto, estes desvios podem ser reduzidos pelo uso de variáveis de compensação ou estimativa de estados. É desejável que se tenha um indicador para cada tipo de segurança. O indicador pode ser representado por um ou mais critérios de decisão, os quais podem ser representados por funções matemáticas, denominadas de Funções de Segurança ou Indicadores de Segurança. Outro fator preponderante, que colabora para que o sistema permaneça o maior tempo possível na região denominada segura, consiste da especificação correta dos equipamentos que serão inseridos dentro do sistema, cujas razões serão descritas a seguir. Os raciocínios consideram que um componente ou sistemas podem ser analisados pela sua capacidade de absorver uma determinada solicitação de carga. Portanto, o modelo é simples e pode ser resumido em um gráfico, onde indica-se capacidade (C) e a carga (L) de um componente ou sistema, conforme apresentado na figura 9.



Fonte: Paredes, 2002, p. 16

Os limites dos modelos são claramente identificáveis no gráfico da figura acima. Pode-se dizer que a capacidade é igual a carga onde as coordenadas situam-se na região de transição entre a área de segurança (onde a capacidade é maior que a carga) e a área de risco (onde a capacidade é menor que a carga). Assim, seguindo este raciocínio, podemos afirmar que é muito menos provável que qualquer componente operando com uma solicitação menor que a sua capacidade, seja obrigado a sair de serviço ou se avarie, do que aquele operando na área de risco ou sobrecarregada. Esta é a estratégia básica da escolha dos componentes (CURI; NEGRISOLI, 1981)

Os SEPs são responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica com qualidade e continuidade, visando uma operação otimizada, com um menor custo operacional, porém respeitando várias restrições elétricas e ambientais, incluindo aquelas relacionadas ao uso múltiplo da água, em função do caráter hidroenergético do Sistema Interligado Nacional (SIN). Várias são as atividades realizadas para que o sistema elétrico cumpra sua função. Estas incluem desde tarefas de planejamento em horizontes de longo prazo até aquelas da Operação em Tempo Real (GARCIAS, 2007). Os primeiros Centros de Operação do Sistema (COS) surgiram realizando controle de geração e despacho econômico, criando o conceito de controle de área. Através das informações de frequência atendida, do intercâmbio entre áreas e do custo de operação entre usinas tornou-se possível estabelecer o despacho econômico. Em sistemas com despacho fortemente termelétrico a obtenção de um despacho econômico é facilmente obtida. Entretanto, no caso de geração hidrelétrica, este se apresenta mais complexo (VALE, 1986).

A evolução tecnológica, o crescimento e a complexidade dos sistemas elétricos oriundos de interligações de antigos Sistemas Isolados, com ganhos na garantia de continuidade de

fornecimento e qualidade de atendimento, as grandes saídas intempestivas em cascatas em SEP com grande perda de carga, fizeram com que fossem inseridas funções de análise de segurança nos Sistemas de Supervisão e Controle, exigindo a necessidade de aquisição dos mais diversos tipos de dados (estados de disjuntores, medidas analógicas, eventos de proteções, telecomandos, etc.), surgiu o sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition). Em um Sistema de Supervisão e Controle, o Sistema de Aquisição de Dados é composto de estações remotas que remetem ao COS os dados de interesse. O Sistema de Computação é normalmente distribuído, composto por uma rede de computadores de alto desempenho (GARCIAS, 2007).

As funções implantadas no Sistema de Supervisão e Controle utilizam dados do SCADA, da Base de Dados e da previsão de carga. Em função da expansão do sistema e na ausência de informações em tempo real de outros agentes, poderá utilizar dados simulados (obtidos via pré-operação e atualizados manualmente pelos Supervisores de Operação no tempo real). As funções, em geral, incluem: Configurador da Rede, Estimador de Estado e Fluxo de Potência em Tempo Real, entre outras (SALGADO et al. 2004). Uma base de dados estática é criada com todas as informações das estações existentes, sendo alterada à medida que ocorre a expansão do sistema ou alteração da rede. Um banco de dados dinâmico é obtido a partir das informações oriundas do SCADA, com varreduras das remotas em uma base de tempo fixa para as medidas analógicas e com a possibilidade de obtenção de sequência de eventos que implica a alteração do estado de disjuntores e chaves (estado lógico aberto/fechado que modifica a configuração da rede). Fazem parte ainda do banco de dados, aqueles obtidos via função Estimador de Estado de parte da rede que não é medida (valores calculados). Em função da expansão da rede, na ausência de informações de agentes, dados simulados poderão se tornar um requisito para uma completa modelagem (MONTICELI, 2000).

No Brasil a coordenação e supervisão geral da operação do sistema interligado cabe ao CNOS - Centro Nacional de Operação do Sistema. No primeiro nível de hierarquia o CNOS é responsável pela coordenação, supervisão e controle da rede básica e a seu critério da rede complementar, atuando diretamente ou através de delegação aos demais Centros de Operação do ONS que são responsável pelas atividades de coordenação e controle da operação da geração e da transmissão de energia elétrica nos sistemas interligados, assegurando a qualidade e a economicidade do suprimento de energia elétrica e garantindo o livre acesso à rede básica. Cabe ao ONS toda a responsabilidade pelos processos de programação da operação, operação em tempo real e pós-operação, visando otimizar a operação dos recursos do sistema, garantindo a confiabilidade, segurança e integridade do conjunto das instalações que constituem a rede. Instituído como entidade privada, sob a forma de associação civil, o ONS é formado pelas

empresas de geração, transmissão, distribuição, importadores e exportadores de energia e consumidores livres, tendo o Ministério de Minas e Energia como membro participante, com poder de veto em questões em que existam conflitos com as diretrizes e políticas governamentais para o setor. Também tomam parte nessa associação os Conselhos de Consumidores (ANEEL,2018).

Em um segundo nível de hierarquia, ainda ligados ao ONS, vêm os centros de operação regionais (sul, sudeste, nordeste e norte centro-oeste) e contratados (empresas que prestam serviço ao ONS). Em um terceiro nível estão os centros de operação dos sistemas locais. No quarto nível estão os centros de operação das empresas de geração ou transmissão e por último, no quinto nível hierárquico, estão as salas de controle de usinas ou de subestações de empresas de geração, transmissão ou distribuição (ONS, 2018).

Além disso, cada usina ou subestação dispõe localmente de vários recursos para manter o sistema operando em boas condições. Alguns fenômenos elétricos ou ações efetuadas sobre a rede elétrica têm, no entanto, efeitos que afetam a rede mais globalmente, levando à necessidade de coordenação e supervisão centralizadas da operação. As relações entre a operação do sistema e a operação das instalações caracterizam-se por uma hierarquia bem definida, pela interdependência e complementariedade de ações, bem como por atividades específicas, em que os produtos da operação do sistema são insumos para a operação das instalações. Algumas das funções que são responsabilidade dos operadores nas usinas e subestações e/ou dos despachantes nos centros de operação principais, tais como: controle de tensão, controle de frequência, controle do fluxo nas interligações entre empresas, além da monitoração constante do sistema, a fim de detectar, identificar e tratar possíveis ocorrências no sistema. Estas ocorrências podem variar de casos simples, como um aquecimento aceitável em um determinado transformador, até blecautes envolvendo grande parte do sistema e grande número de consumidores (ONS, 2018).

Nos centros de operação das principais empresas há alguns programas de apoio à operação, tais como estimadores de estado e programas para análise de segurança. Nos centros de operação regionais, ou nas subestações que possuem operadores, em geral existe apenas a parte de supervisão e os operadores tomam suas decisões baseados em sua experiência e em volumosos manuais preparados pelos setores de estudo das empresas, nos quais se tenta prever o maior número de situações possível e as providências que os operadores devem tomar nestas situações. Para que as empresas de geração, de transmissão e de distribuição realizem a operação das suas instalações, sem prejudicarem umas às outras, há necessidade de que tanto estes manuais quanto a própria programação da operação sejam elaboradas considerando o

sistema interligado como um todo.

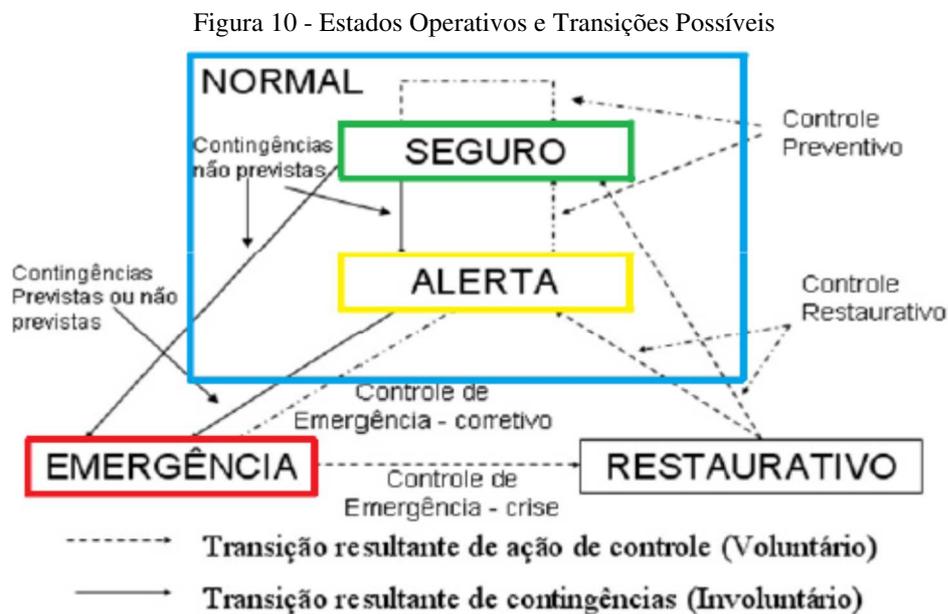
Em algumas destas empresas a rede elétrica é de tal extensão, que se torna conveniente a divisão do sistema em regiões, cada uma coberta por um centro de controle de menor porte. Esses centros, algumas vezes chamados de COE (Centro de Operação de Estações), possuem a sua própria responsabilidade no processo operativo e são por sua vez coordenados por um centro de controle hierarquicamente superior, no caso o "Centro de Operação do Sistema COS" da mesma empresa concessionária. Outro fator que levou à criação de centros regionais menores foi o processo de automatização das subestações. Seguindo a tendência mundial de modernização dos sistemas de supervisão e controle das subestações, em várias empresas brasileiras foram retirados os operadores das subestações de menor porte, e transferidas as funções de supervisão e parte dos comandos dessas para outras subestações próximas, o que reduziu custos operacionais e permitiu uma melhoria nas condições de segurança para operação das redes. Estas mudanças têm seguido o caminho mais natural, iniciou-se com a teleoperação de unidades através dos COEs e evoluiu para a implantação de funções nos computadores localizados em cada unidade. Estes programas podem em alguns casos cumprir automaticamente as rotinas de operação, minimizando a relação de equipamentos a operar por operador remoto, pelo menos para os processos mais simples como o controle de tensão através de comutação de taps de transformador. Podem, também, incluir funções apoio para tarefas tais como a recomposição fluente em subestações (ONS, 2018).

Os operadores nos COS nas subestações e usinas atuam apenas na sua parte do sistema e têm como responsabilidade principal a execução da operação programada. No caso específico da recomposição após contingências, os manuais de operação definem claramente as manobras que podem ser executadas sem contato com os centros de operação, na chamada recomposição fluente, e quais precisam supervisão por hierarquia mais alta, por exemplo, manobras para fechamento de anéis (ONS, 2018).

O despacho do sistema brasileiro é definido na etapa de pré-operação para todo sistema interligado, e esta programação é passada aos centros de operação e empresas para execução. Na operação em tempo real os operadores e despachantes fazem os ajustes que forem necessários em relação ao despacho programado. A operação em tempo-real envolve, normalmente, longos períodos de atividade rotineira mesclados com momentos ocasionais de crise. Na operação sem ocorrências graves os operadores se preocupam principalmente com a monitoração do sistema, e executam pequenos ajustes nos controles a fim de manter o sistema operando próximo ao programado. Nas situações de crise, quando acontecem violações graves no sistema e/ou ocorrência de desligamentos forçados, as atividades dos operadores se tomam

mais complexas e, muitas vezes, críticas para o sistema como um todo, pois uma manobra errada pode agravar situações e levar a grandes blecautes (ONS, 2018).

Um sistema está operando em modo “seguro” quando há baixa probabilidade de blecautes ou danos a equipamentos (STOTT et al., 1987). O estado de operação de um sistema pode ser avaliado através de programas de fluxo de potência e análise de contingências. Os modos de operação, ou "Estados Operativos", podem ser classificados em Estado Normal Seguro, Estado Normal Alerta, Estado de Emergência e Estado Restaurativo, conforme figura 10.



Fonte: Benedito, 2015, p. 18

A classificação do sistema entre os vários estados é feita considerando-se as seguintes restrições: atendimento da Carga, respeito às restrições da operação (basicamente limite de carregamento nas linhas de transmissão e transformadores, nível de tensão nas barras) e restrições de segurança. Tanto no estado normal alerta quanto no normal seguro todas as cargas estão sendo atendidas sem violações de limites operacionais. A diferença entre estes dois estados está nas restrições de segurança, sendo que no caso do estado normal alerta existe ao menos uma contingência que caso venha a ocorrer levará o sistema para o estado de emergência. Em algumas situações é possível que controles preventivos levem o sistema do estado normal alerta para o normal seguro. No estado de emergência as cargas são supridas, mas há violações em limites operacionais que podem, em alguns casos, serem corrigidos através de ações de controle (retorno ao estado normal alerta ou normal seguro) e, em outros, apenas com corte de

carga (sistema iria para estado restaurativo). No estado restaurativo não existem violações nos limites operacionais, mas cargas já foram perdidas ou cortadas (ONS, 2018).

Os sistemas de potência operam em estado normal a maior parte do tempo. Esses sistemas são capazes de se manter operando normalmente, com pouca ou nenhuma intervenção do operador. Quando a partir de um determinado evento o sistema vai do estado normal para o de emergência, há um modo acelerado de operação com tomadas de decisões urgentes, sendo a eficiência dos operadores vital para a segurança do sistema. Se o controle de emergência não for efetivo e o sistema continuar operando ou em baixa frequência ou com tensões anormais ou com equipamentos sobrecarregados, este estado pode evoluir para o que alguns autores (GUTIÉRREZ; STAROPOLSKY; GARCÍA, 1987) denominam de situação extrema, onde não são atendidas nem as restrições de igualdade, nem as operacionais. A perda de cargas pode ser ocasionada pelo desligamento de geradores ou de linhas de transmissão, desligamentos estes causados pela atuação das proteções ou por medida de segurança adotada pelos centros de operação. Isto afeta diretamente os consumidores e, eventualmente, pode constituir-se num colapso total.

Na evolução do estado restaurativo para o normal o papel dos operadores e despachantes é primordial. O tempo é curto, o que não permite que os responsáveis pela recomposição consultem os manuais de operação, que objetivam prepará-los para o maior número de situações possível. Por outro lado, por maior que seja a experiência dos operadores do sistema, algumas ocorrências são extremamente raras, o que também dificulta o aprendizado a partir de casos passados. O aumento da demanda, sem os necessários investimentos para reforçar o sistema elétrico brasileiro tem levado a ocorrência de um maior número de blecautes, e o impacto destas ocorrências na opinião pública validou a importância de uma restauração eficaz e rápida (LEFÉVRE; SILVEIRA, 1997), tomando indispensável fornecer aos despachantes e operadores ferramentas de apoio que evitem o não raro “erro humano”, minimizando os riscos do sistema caminhar de um estado com prejuízos limitados para o colapso total.

Após a ocorrência de algum desligamento permanente, denomina-se controle restaurativo às ações necessárias para o restabelecimento do sistema elétrico. Este envolve o processamento de um grande número de informações e ações a serem executadas em um período curto e sem falhas. Dependendo da gravidade e extensão dos desligamentos, estas ações são coordenadas pelos operadores dos Centros de Operação, os quais agem também baseados em instruções de operação elaboradas pelos setores de estudos das empresas e do ONS, considerando aspectos mais gerais do seu sistema de atuação, supervisionando e coordenando:

a energização de transformadores; energização de linhas de transmissão; rejeição de carga; atuação das proteções; manobra de disjuntores. (ONS,2018)

A filosofia do restabelecimento do sistema elétrico brasileiro divide o processo em duas fases distintas, para as ações de recomposição denominadas (ALMEIDA et al., 1995):

**Fase fluente** - São executados procedimentos e ações previamente definidos com o objetivo de recompor as áreas de auto-restabelecimento (os operadores executam as manobras sem apoio do COS) e atender os montantes máximos de carga prioritárias definidas para esta fase.

**Fase coordenada** - Nesta fase são executadas ações de controle para o fechamento de “paralelos” ou “anéis” entre as áreas já estruturadas durante a fase fluente e para ligações das cargas adicionais.

O grande benefício desta filosofia de recomposição é justamente permitir que o auto-restabelecimento execute isoladamente as ações de restauração de importantes centros de forma simultânea e independente das demais áreas, minimizando o exaustivo trabalho de coordenação. Atualmente existem muitos estudos de automação dos procedimentos estabelecidos para a fase fluente, adotando-se principalmente as técnicas e recursos de inteligência artificial, o que aumenta a rapidez a segurança do processo (GIMENES et al., 1996).

A fase da recomposição, denominada fase coordenada, é comandada pelos despachantes dos COS que, após determinar a extensão da ocorrência, verificando a configuração resultante, vão coordenando a execução dos procedimentos de fechamentos de paralelos e anéis entre áreas. Durante a coordenação da recomposição os COS efetuam o controle da frequência e das tensões, liberando restabelecimento de cargas adicionais até obter-se o total restabelecimento do sistema. Cabe, ainda, aos COS intervir na recomposição fluente, caso seja observada alguma anormalidade ou haja solicitação por parte dos operadores das unidades envolvidas. O processo de recomposição fluente visa o restabelecimento autônomo de subestações e usinas, dispensando o uso dos meios de comunicação entre as unidades (ONS, 2018).

## 2.2 SISTEMAS SOCIO TÉCNICOS COMPLEXOS

As infraestruturas possuem características que configuram sua análise de interdependência. Entre as principais características, incluem suas escalas espaciais (geográficas), escalas temporais, fatores operacionais e características organizacionais (RINALDI; PEERENBOOM; KELLY, 2001). Considerando a composição da infraestrutura em primeiro lugar, os fatores pertinentes são partes individuais para a estrutura composta por

infraestruturas interdependentes e o meio ambiente. Estendendo a taxonomia de Perrow (1984), podemos definir uma hierarquia de elementos:

- Parte: componente pequeno para um processo que pode ser identificado em uma análise;
- Unidade: uma coleção de peças funcionalmente relacionada (por exemplo, um gerador de vapor);
- Subsistema: uma matriz de unidades (por exemplo, sistema de resfriamento secundário);
- Sistema: um agrupamento de subsistemas (por exemplo, uma usina de energia nuclear).
- Infraestrutura: uma coleção completa de sistemas similares (por exemplo, a infraestrutura de energia elétrica);
- Infraestruturas interdependentes: a rede interconectada de infraestruturas e o meio ambiente.

Em termos acadêmicos, na área de gestão da segurança, o uso da perspectiva da complexidade está estreitamente associado ao recente desenvolvimento da Engenharia de Resiliência (ER). De acordo com Hollnagel et al. (2006), a ER tem como, um dos seus objetivos, desenvolver métodos, técnicas e ferramentas para auxiliar os sistemas sócio-técnicos complexos (SSTC) a manter em suas operações seguras e produtivas. A resiliência constitui-se como uma característica de SSTC, fundamental para compensar a variabilidade existente nesses sistemas (SAURIN e SOSA, 2013).

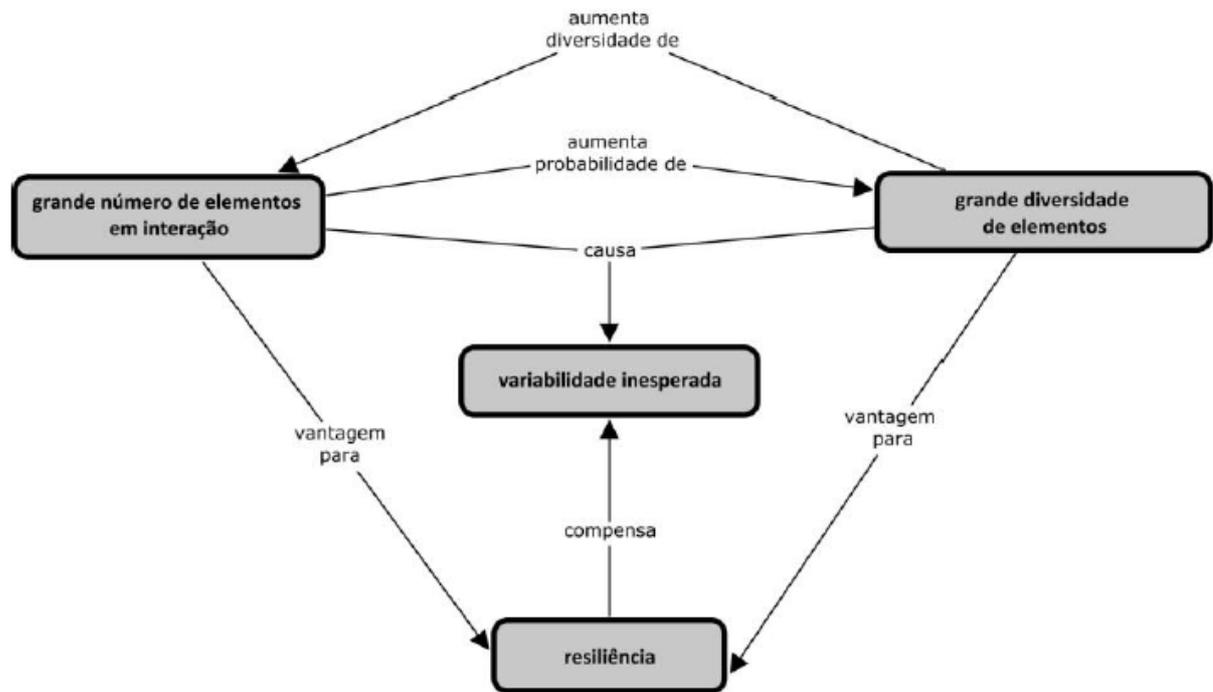
Saurin e Sosa (2013), desenvolveram as características de SSTC compiladas a partir de 14 estudos alinhados a duas perspectivas de complexidade: i) estudos que enfatizam a complexidade em SST, tendo como base questionar abordagens de gestão estabelecidas por autores como Perrow, Sweeney e Page que focaram seus estudos em SSTC, e não em outros tipos de sistemas, como por exemplo, ecológicos e biológicos; e; ii) estudos que ressaltam a complexidade com uma visão epistemológico, colocando-a como uma opção alternativa a visão clássica newtoniana, conhecida por atribuir demasiada importância ao reducionismo e a inequívocas relação causa-efeito conforme afirmou Cilliers (1998). As características são propostas na tabela 5.

Tabela 5 - Aspectos principais das características de complexidade

<b>Características de complexidade</b>	<b>Aspectos Principais</b>
Grande Número de elementos em interação	Grande Número de elementos que interagem uns com os outros (pessoas, ferramentas, procedimentos, materiais etc.)
	Interações são dinâmicas, mudando com o tempo
	Muitos parâmetros de controle de interações potenciais
	Qualquer elemento influencia e pode ser influenciado
Grande diversidade de elementos	Grande diversidade de elementos, como em termos de: níveis hierárquicos, unidades organizacionais, entradas e saídas.
	Diversidade social: idade, nível de instrução, nacionalidade, língua, cultura, etc.
	Diversidade técnica: muitos níveis tecnológicos; equipamentos de diferentes fabricantes; uma imensa quantidade de suprimentos e matérias-primas, procedimentos, etc.
	Diversidade funcional: papéis desempenhados pelos trabalhadores, mistura de produtos feitos pela mesma máquina, etc.
	Diversidade organizacional: níveis hierárquicos, setores, departamentos, subsidiárias, tipos de negócios; gestão, estilos, etc.
	Tipos diferentes de relações entre os elementos e seus objetivos comuns
Variabilidade Inesperada	Interações Não-lineares
	Fenômenos emergentes
	Incerteza em objetos e métodos, resultado da grande interação entre os elementos
	Fontes de informação indiretas ou inferenciais
	Causa e efeito são apenas coerentes em retrospecto, não se repetem
	Acoplamentos apertados
	Variabilidade interna: absenteísmo, quebra de máquina qualidade dos materiais, incerteza das medidas, soluções alternativas, etc.
	Variabilidade externa: Oscilação da demanda, crise econômica, política, troca de moeda, greves, desastre natural, terrorismo, guerra, etc.
	Sistemas complexos são abertos
Resiliência	Comportamento dos agentes e o seu desempenho é afetado pela memória ou feedback
	Capacidade do sistema para ajustar o desempenho e sustentar operações necessárias sob condições esperada e inesperada.

Saurin e Sosa (2013) propõem que as características de complexidade possuem relação entre si conforme a figura 11. Eles desenvolveram um mapa conceitual que apresenta as possíveis interações entre elas e que produzem como resultado fenômenos emergentes, ou seja, fenômenos que surgem a partir de interações entre os elementos, independente de qualquer controle central ou projeto.

Figura 11 - Relações entre as características de SSTC



Fonte: Saurin e Sosa, 2013, p. 813

Sendo assim, com o intuito de ajudar as organizações a lidar com a complexidade dos sistemas, a ER visa o aumento capacidade das organizações em manter suas operações seguras, a partir da análise do trabalho normal e da variabilidade de desempenho dos elementos dos SSTC (HOLLNAGEL et al., 2011). A ER estuda como as pessoas, em todos os níveis de uma organização, tentam antecipar os caminhos que podem levar ao fracasso (HOLLNAGEL et al. 2008), criando estratégias resistentes ao mesmo, através do ajuste das atividades e tarefa. Dessa forma, a ER, apoiada na perspectiva da complexidade, procura entender os SSTC e propor práticas para o seu gerenciamento de modo a garantir a segurança dos sistemas.

Uma característica distintiva dos princípios e práticas de ER (HOLLNAGEL, 2009; HOLLNAGEL et al., 2006) é o reconhecimento de que uma parte da variabilidade presente nos SST que é inevitável, e muitas vezes benéfica, sendo então pertinente conhecer e gerenciar-la (HOLLNAGEL, 2012; DEKKER, 2011). Na visão da ER, ao invés de ser uma fonte de

variabilidade descontrolada, o desempenho humano é o melhor recurso para lidar com a variabilidade dos SSTC (WOODS, 2009). Estes pressupostos apontam para a compatibilidade entre ER e a natureza dos SSTC (SAURIN; SOSA, 2013; GUASTELLO, 2007).

Quanto aos links entre ER e complexidade, Saurin, Rooke e Koskela (2013) discutem o papel da resiliência no contexto de outras características do CSS, bem como a forma como a diretriz para criar um ambiente que apóia a resiliência interage com outras diretrizes para o gerenciamento de SSTC. Zarboutis e Wright (2006) descrevem como os fenômenos emergentes, um núcleo característico da complexidade, podem enfraquecer a resiliência na aviação. SSTC também são conhecidos pela existência de muitos trade-offs, que muitas vezes precisam ser gerenciados no local por aqueles que trabalham na linha de frente. Como a variedade e o número de trade-offs podem ser esmagadores, sua gestão não pode depender unicamente de procedimentos operacionais padronizados e, como consequência, a resiliência é necessária. Em parte, como resultado do tema, alguns estudos abordaram a gestão de trade-offs (BAKX e NYCE, 2013; DI CIOCCIO e MOREL, 2013; FERREIRA et al., 2013; NATHANAEL, D.; TSAGKAS, V.; MARMARAS, 2013).

Como uma classe especial de sistemas abertos, os SSTC têm propriedades que lhes são peculiares, mas compartilham de outras comuns a todos eles. Estas propriedades incluem a importação de energia do ambiente (inputs), a transformação da energia importada em alguma forma de produto ou serviço, a exportação desse produto ou serviço para o ambiente (outputs) e a renovação de energia para o sistema, de fontes que existem no ambiente, portanto recebem energia do meio ambiente, transformam insumos em produtos e os devolve ao meio ambiente. O princípio do feedback diz respeito ao input da informação que é uma qualidade especial de importação de energia, uma espécie de sinal para o sistema sobre as condições do ambiente e sobre o funcionamento do sistema em relação a seu meio ambiente. O feedback de tais dados, permite ao sistema corrigir seus próprios defeitos de funcionamento e os ciclos de eventos.

Os sistemas abertos também participam das características de entropia negativa, homeostase, diferenciação e equifinalidade. A entropia negativa anuncia que os sistemas sobrevivem e mantêm suas características internas de ordem, somente enquanto importam do ambiente mais energia do que expendem no processo de transformação e exportação. O feedback, permite que o sistema possa corrigir seus próprios defeitos de funcionamento ou as mudanças no ambiente e, assim, manter um estado firme ou homeostase. Contudo, este é mais um equilíbrio dinâmico do que estático. Os sistemas abertos não se acham em repouso, mas tendem à elaboração e à diferenciação, tanto devido à dinâmica de subsistemas como pela relação entre crescimento e sobrevivência. Finalmente, são caracterizados pelo princípio da

equifinalidade, o qual assevera que os sistemas. podem alcançar o mesmo estado final com origem em diferentes condições iniciais e através de diferentes trilhas de desenvolvimento (KATZ; KAHN, 1987).

### 2.3 VULNERABILIDADE E RESILIÊNCIA

Smit e Wandel (2006, p. 284) definem que a vulnerabilidade de um sistema ao perigo pode ser entendida como uma função de dois fatores: exposição ao risco e a sua capacidade de adaptação de enfrentá-lo. Novas tecnologias, procuraram reduzir a incerteza e os riscos associados com a sua exposição. O segundo fator se relaciona diretamente com os conceitos de adaptação que pode ser descrito como "a capacidade de um sistema para modificar ou alterar a suas características ou comportamento de modo a lidar melhor com as tensões externas existentes ou previstas " e resiliência.

A resiliência pode ser vista de forma mais ampla, como expressando não só a capacidade de se adaptar, mas também a morfologia do comportamento adaptativo. Conforme expresso por Woods (2009, p. 500), "a resiliência está preocupada com o monitoramento das condições ao redor do modelo atual de competência (como as estratégias são partidas às demandas) e ajustar ou expandir esse modelo para melhor acomodar novas exigências." Entre os aspectos de resiliência está a capacidade para resistir a desordem, bem como a capacidade de absorção aos impactos e a habilidade para continuar após o acontecimento da situação (MENDONÇA; WALLACE, 2015).

No entanto, semelhante a capacidade de adaptação, a resiliência de um processo torna-se difícil de se medir ou de avaliar antes que o sistema tenha sido exposto ao evento avaliado. A natureza emergente do desempenho resiliente cria uma série de desafios relacionados com sua mensuração e, em certa medida, no desenvolvimento da estrutura de apoio em recorrências futuras. Os fatores que moldam a resiliência organizacional podem ser exibidos a partir de outras perspectivas, como a cultura de segurança. Pesquisas relacionadas a esse assunto enfatizam a importância de capturar a dinâmica do sistema para a sua compreensão, por exemplo, em uma discussão sobre resiliência empresarial, o tempo de recuperação refere-se ao tempo necessário para que uma empresa supere as perturbações e retorne ao seu estado normal, enquanto que o nível de recuperação refere-se à extensão que a empresa retornará a um nível adequado de execução de um serviço ou funcionalidade (MENDONÇA; WALLACE, 2015).

Uma série de perguntas tem surgido na tentativa de capturar e analisar dados para avaliar fatores considerados importantes para a resiliência organizacional. Primeiro, a exposição a

grandes impactos nas organizações é difícil de ser avaliada sem sua devida exposição. A questão é ainda mais acentuada pela possibilidade de que, após o evento, o perfil do sistema afetado irá evoluir de maneira inesperada. Simplificando, o impacto operacional da organização pode estar fixo e, talvez mais importante, a sua forma final pode ser impossível de se determinar (SMIT; WANDEL, 2006).

Um outro problema surge a partir do grau em que uma organização está associada a outras através de informação, recursos físicos, pessoal e outros. Recentemente começou-se a estender conceitos e práticas de engenharia de resiliência de estudos de sistemas independentes para estudos de sistemas interdependentes. Em organizações independentes (ou minimamente dependentes), os limites organizacionais (e de desempenho) são controlados pela própria organização mecanismos (MENDONÇA; WALLACE, 2015). De fato, como discutido por Leveson et al. (2009), uma limitação reconhecida da fusão de organizações de alta confiabilidade é que a organização tem quase total conhecimento dos aspectos técnicos das operações e que as pessoas nessas organizações sabem quase tudo técnico sobre o que eles estão fazendo. Nas organizações interdependentes, pelo contrário, a resiliência é o subproduto dos esforços de várias organizações dependentes, com consequentes incertezas sobre os aspectos humanos e técnicos das operações organizacionais (PENDALL; FOSTER; COWELL, 2010).

Considerável atenção tem sido empenhada à identificação de oportunidades para engenharia de resiliência organizacional, tanto para minimizar o impacto das interrupções nas operações normais, quanto para explorar as oportunidades quando as anomalias acontecem, e aprender lições organizacionais para resposta às circunstâncias desafiadoras e imprevisíveis (MENDONÇA; WALLACE, 2015).

A habilidade de resistir a incidentes raros e extremos de uma maneira eficiente, e, além disso, possibilitar uma recuperação rápida e a restauração ao modo de operação normal. A capacidade de manter áreas de sobrevivência e infraestrutura mínima em caso de ocorrências de desastres naturais, como furacões, terremotos, tornados e outros. A resiliência organizacional ainda pode ser definida como a habilidade de antever, se adaptar e resistir a eventos severos e de baixíssima probabilidade, possibilitando recuperar-se e sobreviver a desastres. Finalmente, tem ainda a capacidade de adquirir experiência para aplicação em eventos posteriores (MONTICELLI et al, 1987; MONTICELLI, 1983; JOHN e SONS, 2012).

Identificar, compreender e analisar as consequências de ocorrências inesperadas no sistema elétrico são desafios significativos. Eles são caracterizados pela dimensão e complexidade da dependência da sociedade à necessidade de suprimento de energia elétrica que

é fundamental para serviços que são essenciais visando à manutenção da segurança, ao crescimento da economia e ao bem-estar social da nação (JACKSON e FERRIS, 2012).

Resiliência para sistemas elétricos de potência pode ser definida como habilidade de se adaptar com facilidade às intempéries, às alterações ou aos infortúnios (JACKSON e FERRIS, 2012). Na ciência, engenharia e outras áreas de destaque, algumas palavras costumam ter seus significados reformulados. Um exemplo é a palavra sinergia, definida da seguinte forma em (WOOD & WOLLENBERG, 1996): *“Ação cooperativa entre trabalhadores, empregadores e consumidores, buscando um melhor resultado do que àqueles obtidos por ações isoladas. A busca de objetivos comuns através da união entre os membros de um grupo; trabalho cooperativo; cooperação.”*

A sinergia no contexto empresarial, destaca a importância da interação entre diferentes departamentos, para que a ação conjunta resulte no sucesso da empresa. Semelhantemente, realizou-se uma revisão do uso da palavra “resiliência” que revelou sua utilização em psicologia infantil, psiquiatria, ecologia, negócios e confiabilidade industrial. Em muitos casos, esta palavra é utilizada com o seu significado geral, alguns usuários, no entanto, adotam significados especializados e usam “resiliência” como um termo técnico auxiliar. Na área da confiabilidade de sistemas, dada a incerteza sobre as falhas de um sistema e os tipos de problemas com os quais esse sistema terá que lidar, o investimento em mecanismos flexíveis de operação parece ser mais adequado do que medidas tomadas na fase de pré-operação, como o uso de componentes mais fortes e refinamento de projeto, que são ações limitadas pela visão incompleta dos projetistas sobre possíveis cenários futuros (WOLTER et al, 2012).

Uma questão interessante refere-se à diferença filosófica entre um sistema tolerante a falhas e um sistema resiliente a falhas, já que ambos são considerados de alta disponibilidade e ambos podem utilizar componentes redundantes. Sistemas Tolerantes a Falhas são aqueles que possuem a capacidade de continuar provendo corretamente os seus serviços mesmo na presença de falhas. São aqueles em que os defeitos não são visíveis para o usuário, pois o sistema detecta e mascara, ou recupera, defeitos antes que eles alcancem os limites do sistema (ponto de fuga da especificação). Um sistema resiliente a falhas é aquele que possui a capacidade de superar um problema eventual sem prejudicar a sua funcionalidade (XINGHUO, et al., 2011).

Francis e Bekera (2014) analisaram abordagens para definir a resiliência e de como realizar sua medição. Explicam que embora seja um conceito útil, a diversidade no uso complica sua interpretação e, por consequência, sua medição. Propõem um quadro de análise de resiliência e uma forma para mensurá-la. Ela consistiu da identificação do sistema, a resiliência, dos objetivos, vulnerabilidade, e envolvimento das partes interessadas. A implementação foi

idealizada na medição de três capacidades de resiliência: a capacidade de adaptação, de absorção e de recuperação. Elas formam a base do fator de resiliência proposta e medida. Também se identificou dois importantes itens sem solução em nossa literatura: a ideia de resiliência como uma epistemológica versus a propriedade inerente de o sistema, e design para resiliência ecológica contra engenharia em sistemas sócio técnicos. No entanto, para resolver essa diferença, mostrou-se que a estrutura e medição para promover o desenvolvimento de metodologias para investigar as incertezas "profundas" na avaliação de resiliência devem manter o uso de probabilidade para expressar as incertezas sobre os riscos altamente incertos, imprevisíveis, ou desconhecidas em atividades de riscos e de gestão.

Rinaldi, Peerenboom e Kelly (2001) avaliaram as consequências de falhas potenciais ocorridos na Califórnia em 1998 comprometendo o funcionamento do Satélite Galaxy, e em 2001 com interrupções no fornecimento de energia elétrica. Ambas situações comprometeram o funcionamento da vida industrial e comercial pois a dependência de outras regiões mundiais de comunicação com aquela localidade geográfica impactou na economia local e global. A falta de energia paralisou a indústria local gerando bilhões de dólares de prejuízo e uma grande preocupação com a confiabilidade dos sistemas de distribuição de energia que até o presente momento não existia. Identificar, compreender e analisar as interdependências dos recursos energéticos são desafios significativos. Estes desafios aumentam cada vez mais pela complexidade da nossa crítica infraestrutura. Ocorrências que afetam todas as áreas da vida diária, incluem energia elétrica, gás natural, produção de petróleo e sua distribuição, telecomunicações (Informação e comunicação), transporte, abastecimento de água, funcionamento de instituições bancárias, de serviços de emergência e serviços públicos essenciais, agricultura, e outros sistemas fundamentais e os serviços que são críticos para a segurança, a economia, a prosperidade e ao bem-estar social da nação (RINALDI; PEERENBOOM; KELLY, 2001).

Roland Bush (2013) que é diretor de tecnologia e membro do Conselho de Administração da Siemens AG descreveu que apenas o reparo de infraestruturas danificadas, sem a adoção de medidas de resiliência é um processo extremamente dispendioso. Por outro lado, investimentos em soluções resilientes não apenas protegem contra danos, como também tornam a infraestrutura urbana mais viável economicamente, eficaz energeticamente e confiável. Cálculos iniciais baseados em um estudo da rede elétrica da cidade de Nova York mostram que – sem medidas de proteção – os custos de reparos dos desastres naturais como o causado pelo Furacão Sandy podem chegar até US\$ 3 bilhões nos próximos 20 anos. No entanto, o investimento desse valor em medidas de proteção contra ventanias, enchentes e em tecnologias

para tornar as redes elétricas mais robustas, flexíveis e inteligentes poderiam reduzir os danos em até US\$ 2 bilhões e também iriam gerar ganhos de eficiência de cerca de US\$ 4 bilhões devido à melhoria da disponibilidade da rede, estabilidade e eficiência energética (SIEMENS, 2013).

## 2.4 MÉTODO DE ANÁLISE DA RESSONÂNCIA FUNCIONAL - FRAM

A variabilidade do processo é causada por diversas fontes que podem ou não ser controladas, podendo incorrer tanto em resultados positivos quanto negativos. Isso porque um SSC é constituído de diversos subsistemas, os quais apesar de possivelmente possuírem variabilidade dentro dos limites do processo, em conjunto com os demais subsistemas geram o fenômeno da ressonância funcional, resultando em variabilidade além da tolerada (HOLLNAGEL e GOTEMAN, 2004). Enquanto as metodologias tradicionais objetivam reduzir a variabilidade de processos para aumentar a frequência das conformidades, essa abordagem só pode ser realizada em subsistemas individuais, possuindo menor impacto nas variabilidades que geram a ressonância (HOLLNAGEL, 2012). Dessa premissa surgiu o FRAM (FUNCTIONAL RESONANCE ANALYSIS METHOD), metodologia que busca adequar os processos à variabilidade inerente a eles, abordando todo o sistema sócio-técnico, de forma a reduzir a ressonância funcional. O FRAM parte do princípio que resultados positivos e negativos de um processo têm a mesma origem e mecanismos. Por isso, é importante partir a análise do funcionamento normal do sistema, e não de um cenário de falha (HOLLNAGEL, 2012).

A análise do trabalho real é aprofundada por meio do método FRAM, representando o “work-as-done” (HOLLNAGEL, 2012; CLAY-WILLIAMS et al., 2015). A aplicação do FRAM apresenta quatro etapas: (i) identificar e descrever as principais funções do sistema; (ii) caracterizar a variabilidade potencial de cada função; (iii) agregação de variabilidade, considerando a variabilidade real em um dado cenário; (iv) propor recomendações para monitorar e influenciar a variabilidade (HOLLNAGEL, 2012; HOLLNAGEL, 2014). Além das etapas descritas, Hollnagel (2012) inclui uma etapa preliminar, responsável por definir o objetivo da aplicação do FRAM.

A etapa (i) trata da identificação e descrição das funções considerando seis aspectos conforme a figura 12 (HOLLNAGEL; HOUSGARD; COLLIGAN, 2014):

Figura 12 - Seis aspectos da função ou processo



Fonte: Adaptado Hollnagel; Housgard; Colligan, 2014, p.29

I.O Input é responsável por ativar ou iniciar a função;

II.O Output, por sua vez, é o resultado da função, representa uma mudança de estado;

III.A Pré-condição corresponde ao estado que o sistema precisa estar ou as condições que precisam ser verificadas antes de se iniciar a função. Diferentemente dos inputs, as pré-condições não ativam a função;

IV.O Recurso é a condição para execução ou algo consumido durante a realização da função, pode ser matéria, energia, informação, competência, software, ferramentas.

V.O Tempo é a característica temporal que afeta o desempenho da função; e

VI.O Controle é o que supervisiona ou regula a função, a fim de alcançar o output desejado, podendo ser planos, procedimentos, instruções.

A etapa (ii) pretende caracterizar a variabilidade de cada função, além disso, descreve que o FRAM tem como objetivo representar como uma atividade, geralmente, é realizada. A atividade é descrita em termos das funções necessárias para realizá-la, sendo elas, o seu potencial de acoplamento e a variabilidade típica. Um modelo FRAM pode ser usado para entender como a variabilidade e os ajustes podem afetar outras funções e, portanto, a atividade como um todo. As funções podem amortecer-se mutuamente (absorver a variabilidade), para que a situação possa estabilizar-se. As funções também podem reforçar-se mutuamente (amplificar a variabilidade) para que a situação se torne instável e leve a resultados inesperados e, geralmente, também indesejados. A descrição dos acoplamentos potenciais pode ser usada para entender os resultados emergentes e também como esses desenvolvimentos podem ser monitorados e gerenciados. Há três razões diferentes pelas quais a saída de uma função é variável (HOLLNAGEL; HOUNSGAARD; COLLIGAN, 2014):

- A variabilidade do Output pode ser um resultado da variabilidade da função em si, ou seja, uma consequência da unicidade ou caractere da função. Isso é chamado de variabilidade interna ou endógena.
- A variabilidade de Output pode ser devida à variabilidade do ambiente de trabalho, ou seja, as condições sob as quais a função é executada. Isso é chamado de variabilidade externa ou exógena.
- A variabilidade de Output pode, finalmente, ser devida à variabilidade da Saída de funções de fluxo ascendente que fornece a Input, Requisito, Recurso, Controle ou Tempo para funções a jusante. Esse tipo de acoplamento é a base para a ressonância funcional e é chamado de acoplamento funcional a jusante.

A etapa (iii) consiste na agregação da variabilidade real ao modelo. Como o FRAM não representa uma situação específica, ele representa apenas a variabilidade potencial do desempenho, dessa forma nessa etapa realiza-se instanciações do modelo em determinadas circunstâncias e condições, buscando identificar como a variabilidade potencial pode se tornar variabilidade real. Essa análise não se limita à variabilidade interna das funções, devendo incluir a combinação da variabilidade nas interações, buscando como pode surgir a ressonância funcional (HOLLNAGEL, 2012).

A etapa (iv) diz respeito à proposição de recomendações para monitorar e influenciar a variabilidade. Definir como a ressonância funcional pode acontecer, isto é, como as variabilidades podem combinar-se e desse modo produzir resultados que sejam imprevistos ou fora de escala, ou ambos. Identificar os acoplamentos dinâmicos (ressonância funcional) que desempenharam um papel durante o evento. Isto compreende uma instanciação do modelo que pode explicar porque o evento se desenvolveu do jeito que ocorreu. Um modelo FRAM pode ser usado em análises retrospectiva e prospectiva. Em certo sentido, isto torna a análise de um modelo FRAM menos direta do que, por exemplo, a análise de uma árvore de falhas ou de um laço. Considere, por exemplo, um caso em que o FRAM é usado para entender um evento que aconteceu - e que, provavelmente foi notado porque deu errado. O modelo FRAM não pretende ser um modelo do cenário do acidente, mas sim um modelo da atividade quando vai bem. Compreendendo como vai bem, identificando como as funções são acopladas, e descrevendo a variabilidade característica ou típica das funções, torna-se possível entender porque o resultado no caso específico diferiu de muitos outros casos em que tudo seguiu o planejado. Ademais, considere um caso em que o FRAM é usado para representar um cenário futuro, por exemplo, uma nova proposta de uma diretriz ou procedimento. Nesse caso, o modelo FRAM pode ser

usado para procurar acoplamentos potencialmente críticos a montante e a jusante (HOLLNAGEL; HOUNSGAARD; COLLIGAN, 2014).

A etapa (v) propõe formas de gerenciar as possíveis ocorrências de variabilidade de desempenho descontroladas ou possíveis condições de ressonância funcional, quer para amortecer a variabilidade que pode levar a resultados indesejados ou para incrementar a variabilidade que pode levar a resultados desejados. Propor formas de monitorar e amortecer a variabilidade de desempenho (indicadores, barreiras, projeto/ modificação, etc.) No caso de resultado positivo inesperado, a busca é por maneiras para amplificar, de uma maneira controlada, a variabilidade em vez de meios para amortecê-la.

O propósito de uma análise FRAM é identificar como o sistema deve (ria) funcionar para que tudo tenha (tivesse) sucesso (isto é, o desempenho "diário"), e para compreender a variabilidade das funções que, individualmente ou em combinação, impediram que isso acontecesse. Isso é, tipicamente, a variabilidade que existia na situação a ser analisada, mas também poderia ser a variabilidade que possivelmente poderia existir sob outras condições (HOLLNAGEL, 2004).

Herrera e Woltjer (2010) acrescentam que o FRAM proporciona um melhor entendimento da relação das falhas com a rotina de trabalho, justamente por focar na variabilidade cotidiana do sistema, e não apenas nas fraquezas dele, possibilitando recomendações mais assertivas para redução dos riscos. Hollnagel (2008) indica a aplicação do método FRAM em sistemas que classifica como intratáveis e firmemente acoplados, devida à alta complexidade sócio-técnica envolvida.

## 2.5 RAG (RESILIENCE ASSESSMET GRID)

O objetivo do RAG é fornecer uma caracterização (ou perfil) bem definida de uma organização que pode ser usada para gerenciar e desenvolver os potenciais de uma organização para um desempenho resiliente. O RAG destina-se a ser aplicado regularmente, a fim de acompanhar a forma como uma organização muda e desenvolve. Ele pode, portanto, ser usado para monitorar mudanças organizacionais, que é um pré-requisito para poder gerenciar o desempenho efetivamente (HOLLNAGEL, 2014).

Alguns potenciais são necessários e suficientes para que uma organização desempenhe de forma resiliente. Uma vez que o desempenho resiliente é possível para a maioria, senão, para todas organizações, os potenciais devem ser independentes de qualquer domínio específico. A

engenharia de resiliência propôs que os quatro potenciais seguintes sejam necessários para o desempenho resiliente (HOLLNAGEL et al., 2009b):

- O potencial para responder: Saber o que fazer ou ser capaz de responder a mudanças, distúrbios e oportunidades regulares e irregulares ativando ações preparadas, ajustando o modo atual de funcionamento, ou inventando ou criando novas formas de fazer as coisas;
- O potencial para monitorar: Saber o que procurar ou ser capaz de monitorar o que afeta ou pode afetar o desempenho de uma organização no curto prazo - de forma positiva ou negativa (na prática, isso significa dentro do prazo de operações em curso, como a duração de um voo ou o segmento atual de um procedimento). O monitoramento deve cobrir o desempenho de uma organização, bem como o que acontece no ambiente operacional;
- O potencial para aprender: Saber o que aconteceu ou ser capaz de aprender com a experiência, em particular para aprender as lições corretas das experiências certas. Isso inclui o aprendizado de ciclo único de experiências específicas e o aprendizado de ciclo duplo que é usado para modificar as metas ou objetivos;
- O potencial para antecipar: Saber o que esperar ou ser capaz de antecipar os desenvolvimentos no futuro, como possíveis interrupções, novas demandas ou restrições, novas oportunidades ou mudanças nas condições de operação.

O RAG descreve os potenciais em termos de funções constituintes e não como habilidades globais separadas. Para cada função constituinte, os possíveis meios para fazer a mudança desejada podem ser desenvolvidos e avaliados em termos de custo, especificidade, risco, etc. Uma vez que as funções constituintes dos quatro potenciais podem diferir significativamente entre as organizações, não há solução padrão ou genérica, uma vez que as funções que possuem abordagens bem conhecidas podem ser aplicadas (HOLLNAGEL, 2017).

De acordo com a necessidade de compreender e monitorar a resiliência Hollnagel e Dekker (2009), definem-na como uma combinação das quatro pedras angulares. Hollnagel desenvolveu uma ferramenta baseada em questionários, o RAG, inicialmente apresentado em 2011, é um método bastante novo no campo da Engenharia de Resiliência. O próprio Hollnagel sugere que o RAG não é uma ferramenta padrão, mas sim uma base para desenvolver questões, que devem ser específicas para o sistema em análise para capturar seu recurso oculto. Uma das primeiras aplicações do RAG é discutida no domínio da gestão do trânsito ferroviário, visando à identificação de um conjunto de vetores potenciais para melhoria, com particular referência à necessidade de integrar trade-offs e facilitar a avaliação e controle de nuances do resumo pedras angulares (RIGAUD e MARTIN, 2013). Para fins de Planejamento Integrado de Manutenção e Operações em uma empresa offshore de petróleo e gás, dezesseis funções críticas foram

avaliadas por uma lista de perguntas baseadas em RAG. O estudo aponta os benefícios da sua adoção após uma mudança de sistema, para entender os efeitos da mudança na organização, ou pelo menos uma vez por ano (ALBRECHTSEN.; BESNARD, 2013). Um estudo de caso para o Sistema de Gerenciamento de Tráfego Aéreo detalha a aplicação do RAG para medir a resiliência organizacional, em colaboração com diversos especialistas de domínio. O estudo confirma os benefícios de repetir o RAG várias vezes durante um longo período de tempo (LJUNGBERG; LUNDH, 2013). Nos cuidados de saúde, o RAG foi usado para avaliar cada pilar, criando um roteiro de entrevistas iterativamente revisado com base nas entrevistas, bem como nos comentários por profissionais e especialistas em engenharia de resiliência (HEGDE et al., 2015). Além disso, um estudo recente baseado no RAG em empresas polonesas de diferentes tamanhos e atividades mostra como a implementação do sistema de segurança e saúde ocupacional (SSSO) não afeta de fato os níveis de segurança e resiliência (PECILLO, 2015). Com o objetivo de medir a resiliência da equipe, o RAG foi, inclusive atualizado por duas dimensões adicionais, ou seja, liderança e cooperação, sugerindo usá-lo para contextualização real de eventos e tê-lo preenchido após incidentes específicos (VAN DER BEEK e SCHRAAGEN, 2015). Este recente interesse na formulação da ferramenta RAG motiva a necessidade de explorar o seu processo de construção para aumentar os seus benefícios potenciais para os sistemas sociotécnicos.

O RAG é, no entanto, para avaliar ou medir os potenciais para o desempenho resiliente, a fim de gerenciá-los, em vez de fazer uma comparação. Portanto, não faz muito sentido comparar uma avaliação dada com algum padrão arbitrário ou mesmo com outra organização. Mas faz sentido compará-lo com uma avaliação anterior da mesma organização, pois dessa forma serve como referência própria. As avaliações repetidas permitem acompanhar a forma como a "posição" de uma organização muda e se está na direção pretendida e com a "velocidade" pretendida, na medida em que tal afirmação seja possível (HOLLNAGEL, 2017). O RAG tradicional consiste em quatro fases (HOLLNAGEL, 2011):

- RAG (1): Defina e descreva a estrutura do sistema, limites, horizonte temporal, pessoas e recursos envolvidos. Esta fase preliminar é necessária para restringir o campo de aplicação da análise, contextualizando o conjunto de perguntas a serem feitas;
- RAG (2): Selecione as questões relevantes para itens relevantes do agente estudado. Esta fase requer grandes esforços para definir um conjunto adequado de perguntas que sejam confiáveis o suficiente para descrever o sistema, não sendo tão grande para exigir tempos de processamento não gerenciáveis. Mesmo que existam várias semelhanças abstratas em diferentes domínios de alto risco do que significam os avaliados (BRANLAT e WOODS, 2010;

GROTE, 2012), é impossível definir questões gerais válidas para cada domínio. Uma vez que a resiliência está fortemente relacionada ao propósito do sistema para o qual ele deve ser avaliado, as quatro pedras angulares devem ser detalhadas em um contexto específico do domínio. Esta fase geralmente é uma ação recursiva para sintonizar as questões, envolvendo vários pontos no assunto explorado;

- RAG (3): Avalie as perguntas para cada pedra angular. Uma vez finalizadas as perguntas, é necessário identificar um grupo de pessoas que trabalham no sistema que poderiam respondê-las. As técnicas para coletar dados do RAG não são limitadas; é possível desenvolver entrevistas informais de telefone ou face-a-face (PECILLO, 2015), questões abertas em grupos focados (HOLLNAGEL, 2011), narrativas (HEGDE et al., 2015) ou pesquisas. Estes últimos representam a técnica mais freqüente (VAN DER BEEK E SCHRAAGEN, 2015) Apneseth e Hollnagel (2013) uma vez que uma pesquisa permite tempos de processamento mais rápidos, mesmo que não permita interações dinâmicas na coleta de dados: para que o entrevistado lembre a experiência e para o entrevistador preencher eventuais lacunas e inconsistências nos julgamentos. Os julgamentos, geralmente, classificados por uma escala Likert<sup>4</sup>;

- RAG (4). Combinando as classificações. Nesta fase, os dados geralmente são apresentados em um gráfico de estrelas onde cada eixo corresponde às variáveis usadas para avaliar cada pedra angular. Pode ser possível obter uma tabela de estrelas de quatro raios adicionais combinando os gráficos das pedras angulares individuais, para obter uma descrição da organização resiliência. O gráfico de estrelas não é uma medida de resiliência por si, mas representa de forma compacta como as habilidades são classificadas em um momento específico: representa um instantâneo da resiliência organizacional em condições específicas. Portanto, pode ser realizado várias vezes, para acompanhar e monitorar o desempenho dos desenvolvimentos.

É essencial que uma organização seja capaz de realizar-se de uma maneira que seja resiliente. No entanto, é inadequado tratar a resiliência como um conceito monolítico: nem a resiliência nem o desempenho resiliente podem ser gerenciados ou controlados diretamente. Se, por outro lado, o desempenho resiliente é aceito como uma expressão das habilidades ou potenciais de uma organização, então o desempenho resiliente pode ser gerenciado, indiretamente, através dos potenciais para o desempenho resiliente. Não pode, é claro, ter como certo que os potenciais de uma organização sempre serão percebidos quando surgir a

---

<sup>4</sup> O modelo desenvolvido por Rensis Likert (1932) para mensurar atitudes no contexto das ciências comportamentais. A escala de verificação de Likert consiste em tomar um construto e desenvolver um conjunto de afirmações relacionadas à sua definição, para as quais os respondentes emitirão seu grau de concordância.

necessidade, mas se ela não possuir esses potenciais será incapaz de um desempenho resiliente. As medições são frequentemente usadas para apresentar a posição de uma organização em termos relativos e não absolutos, por exemplo, comparando-a com um padrão, uma norma regulatória, uma média da indústria, etc (HOLLNAGEL, 2014).

O RAG pode ser usado primeiro para determinar onde o sistema está; então para detectar onde o sistema deveria estar; finalmente, determinar por meio do que o sistema deve atingir o estado pretendido. No entanto, os resultados tradicionais da ferramenta não representam a relevância relativa de cada categoria e questões e seu impacto na resiliência organizacional. Esta questão aberta foi amplamente discutida de acordo com uma perspectiva teórica, reconhecendo a necessidade de entender o equilíbrio específico do domínio entre as habilidades (HOLLNAGEL, 2017).

## 2.6 RESILIÊNCIA EM SALAS DE CONTROLE E NO SISTEMA ELÉTRICO

Roe e Schulman (2018) desenvolveram um estudo após quinze anos de pesquisas em salas de controle no qual identificam os problemas nas variáveis essenciais para a confiabilidade e os riscos em todo o sistema nas infraestruturas críticas que possuem salas de controle central e operam sob diferentes padrões de confiabilidade (incluindo segurança), nesse contexto, os problemas de gerenciamento de riscos do sistema seguem, lógica e empiricamente, questões anteriores relacionadas ao gerenciamento do sistema em tempo real pela sala de controle, de acordo com os padrões de confiabilidade em toda a operação, as implicações consideráveis são extraídas para o campo cada vez mais importante da avaliação e gestão de riscos em infraestruturas críticas interconectadas. Eles concluem que as principais formas pelas quais as atuais abordagens dominantes para entender e analisar o risco e a confiabilidade da infraestrutura refletem a séria incompreensão de cada uma delas que contribui para um risco ainda maior - o risco de erro representacional na análise e, por fim, na regulamentação e na política; nos casos com os quais existe familiaridade, a análise de risco está atrasada em relação à sabedoria prática empregada no melhor do gerenciamento da confiabilidade da infraestrutura.

Siegel e Schraagen (2017) descrevem a proceduralização que visa definir objetivos precisos e quantificados do sistema e definir um processo que descreva e prescreva como alcançar esses objetivos, embora a proceduralização tenha sido implementada com sucesso para capturar conhecimento e experiência, ela é limitada quando o inesperado e imprevisto ocorre. Eles ainda definem que a engenharia de resiliência concentra-se nessa desvantagem e busca conceitos que possibilitem respostas adaptativas nessas situações e propõem um processo de

reflexão em equipe para melhorar a resiliência de um SSTC ferroviário, complementando sua proceduralização descrevendo como os sinalizadores ferroviários utilizavam a reflexão da equipe, apoiada por uma ferramenta que permitia uma inspeção profunda dos movimentos do trem após o deslocamento. A conclusão de seus trabalhos apresenta um acidente próximo, ocorrendo durante uma observação de uma semana, sendo descrito e usado para dois propósitos: Primeiro, foi usado como um exemplo para explicar o uso da ferramenta de suporte e em segundo lugar, foi usado como um caso de referência de tópicos que desempenham um papel na evolução de acidentes. A análise mostrou que as categorias de tópicos discutidas durante as reflexões da equipe foram semelhantes às categorias de incidentes que significa que tópicos relevantes estão disponíveis, quando as coisas dão certo, para aprender e antecipar, além disso, mostrou-se que os sinalizadores ferroviários, ao longo das observações, analisavam e raciocinavam cada vez mais sobre seu trabalho, o que enriqueceu o conhecimento além dos procedimentos, aumentando a capacidade de lidar com o inesperado e imprevisto.

Zhang et al. (2018) propõem uma estrutura para avaliar quantitativamente a resiliência da complexa rede metropolitana de metro de Xangai e identificam a melhor estratégia de recuperação em termos de seqüência de recuperação e duração. Eles pesquisaram no metrô de Xangai concluindo que ele era robusto sob interrupção aleatória, mas vulnerável sob interrupção intencional, sendo assim foi desenvolvido uma estrutura geral para avaliar a resiliência de redes metropolitanas grandes e complexas analisando quantitativamente sua vulnerabilidade e rapidez de recuperação dentro de métricas e modelos unificadores. O desempenho de conectividade da rede é indicado pela eficiência da rede e a resiliência de uma rede metropolitana pode ser associada ao triângulo de perda de desempenho da rede ao longo do cronograma relevante, desde a ocorrência de uma interrupção aleatória ou intencional até a recuperação total. O modelo de resiliência proposto é aplicado à rede de metrô de Xangai com suas 303 estações e 350 links como exemplo. A análise quantitativa de vulnerabilidade mostrou que o metrô de Xangai com sua topologia do tipo L-espaco tem uma forte robustez em relação à conectividade sob interrupção aleatória, mas uma vulnerabilidade severa sob interrupção intencional. Concluíram que o resultado é típico para redes de pequeno porte e sem escala, como o sistema de metrô de Xangai, como pode ser demonstrado por uma análise topológica básica e considerando o caso de uma estação de metrô interrompida, tanto a vulnerabilidade quanto a resiliência da rede dependem não apenas do grau do nó da estação interrompida, mas também de sua contribuição para a conectividade de toda a rede. Analisando o triângulo de perda de desempenho e o custo associado da perda de renda operacional e medidas de reparo, uma estratégia de recuperação apropriada em termos da seqüência ótima de recuperação das

estações e a duração ótima pode ser identificada de forma estruturada, que é informativa e útil para a decisão fabricantes.

Savioja et al. (2014) afirmam que a existência das práticas operacionais apesar do alto nível de orientação dos procedimentos sendo que as mudanças de hábito operacionalizam o conceito de prática operacional e os hábitos caracterizados como interpretativos possuem potencial para resiliência. Eles propõem o uso de POE (Procedimentos Operacionais de Emergência) em um cenário de acidente simulado de uma usina nuclear, sendo a suposição era que, mesmo dentro do envelope estreitamente definido dos POE, os operadores podem agir de forma diferente. Os resultados empíricos demonstram a variação no desempenho operacional de doze equipes profissionais, todas cumprindo o POE. A variância foi identificada analisando como as equipes agiam em situações e que significados particulares associavam às situações sendo identificada em seis tarefas: uso da informação, identificação da situação, tratamento da automação, tomada de decisão, comunicação e liderança. Os hábitos correspondentes, as operacionalizações das práticas, foram identificados na análise. As práticas operacionais descobertas no uso do POE foram analisadas do ponto de vista da crescente resiliência no nível do sistema. Exemplificou relatando que uma forte inclinação para conectar as operações com as respostas do processo acabará por aumentar a capacidade de todo o sistema para se adaptar a perturbações externas. Sua conclusão foi que, em um nível micro, as atividades das equipes são diferentes, mesmo dentro da POE, e também que algumas práticas parecem ter mais capacidade de produzir resiliência no sistema. Uma implicação prática é que, no treinamento do trabalho procedimental, deve-se prestar atenção à integração do uso da POE ao trabalho operacional, não apenas à adesão ao procedimento. Sua contribuição foi a percepção do papel das tarefas procedimentalizadas na construção da atividade operacional emergencial resiliente.

Carvalho et al. (2008) pesquisaram sobre a segurança nas organizações modernas, composta de muitos níveis aninhados com diferentes tipos de acoplamento entre elas, deve ser gerenciada por uma estrutura de controle embutida neste sistema sociotécnico adaptativo e a resiliência dos SSTC ainda depende da capacidade humana de lidar adequadamente com eventos inesperados. Eles realizaram com base em uma visão esquemática de um sistema de controle de usinas nucleares composto por três camadas estruturais do sistema, planejamento, operação e hardware, apresentamos uma estrutura para analisar micro incidentes durante a operação da usina nuclear. A análise mostra as ações de controle dos operadores usadas para resolver pequenos conflitos que surgiram na camada operacional e como eles organizaram os recursos necessários para sua ação / cognição, ou seja, as características materiais, sociais e culturais do ambiente. A estrutura de micro incidentes possibilita uma visão antecipada das

ações de controle das operadoras, fornecendo processos para análise sistêmica e pensamento crítico sobre a possibilidade de que situações problemáticas relativamente pequenas nas camadas do sistema fracamente acopladas possam levar a resultados negativos em algum momento futuro.

Na avaliação qualitativa, os diferentes aspectos e diferentes capacidades de resiliência podem ser considerados simultaneamente na avaliação de resiliência do SEP (BIE et al., 2017). Os aspectos considerados na avaliação qualitativa geralmente incluem o sistema de energia elétrica e outros sistemas interdependentes, como sistema de informação, cadeia de suprimento de combustível, etc. As capacidades incluem preparação, mitigação, resposta e recuperação, por exemplo, a existência de plano de emergência, treinamento de pessoal, disponibilidade da equipe de reparos, etc. Os métodos de avaliação são diversos, por exemplo, Carlson et al. (2012) e McManus et al. (2007) forneceram estruturas para visão geral de resiliência em nível de sistema e nível regional usando investigações, questionários e avaliações individuais para abordar aspectos pessoais, comerciais, governamentais e de infraestrutura da resiliência; Roeger et al. (2014) desenvolveram uma matriz de pontuação para avaliar a função do sistema sob diferentes perspectivas; métodos analíticos como o processo hierárquico analítico (AHP) podem ser convenientemente empregados para transformar opiniões subjetivas em quantidades comparáveis, o que é fácil de usar na tomada de decisão (ORENCIO; FUJII, 2013).

Os métodos quantitativos, por outro lado, são frequentemente baseados na quantificação dos desempenhos do sistema. As análises quantitativas são úteis ao avaliar a eficácia de determinadas medidas de resiliência ou ao comparar o nível de resiliência de diferentes sistemas. As avaliações de resiliência quantitativa devem ser relacionadas ao desempenho e específicas do evento, pois podem refletir a incerteza e devem ser úteis para a tomada de decisões, etc (WATSON et al., 2014). A avaliação da resiliência quantitativa se divide principalmente em três categorias: o método baseado em simulação, o método analítico e a análise estatística. O método baseado em simulação é mais amplamente utilizado porque pode ser facilmente combinado com cenários de desastres e a consequência de desastres pode ser prontamente calculada, por exemplo, Watson et al. (2014) e Shinozuka et al. (2003) adotaram a análise de fluxo de energia, Chanda e Srivastava (2016) o modelo de rede complexo. O método analítico, por outro lado, explora a probabilidade de falha do sistema em uma determinada situação, por exemplo, Whitson e Ramirez-Marquez (2009) definem resiliência como a probabilidade de que a rede desempenhe sua função pretendida na presença de causas externas de falha de componente. Para sistemas que acumularam dados de eventos de desastres

naturais anteriores, registros históricos de interrupção e restauração podem ser usados para análise de dados, como foi feito por Maliszewski e Perrings (2012).

Bie et al. (2017) afirmaram que a resiliência do sistema elétrico é caracterizado pela capacidade de resistir, adaptar-se e se recuperar oportunamente de interrupções e para ser resiliente precisa lidar com eventos extremos de baixa probabilidade e alto risco, incluindo desastres naturais extremos e ataques provocados pelo homem e devido a crescente conscientização de tais ameaças, a resiliência dos sistemas de energia elétrica tornou-se uma prioridade para muitos países. Foi avaliado as práticas tomadas pelos governos, empresas de serviços públicos e pesquisadores para aumentar a resiliência do sistema de energia e com base em uma revisão completa sobre o sistema de métricas existentes e metodologias de avaliação, apresentaram o conceito, métricas e uma estrutura quantitativa para a avaliação da resiliência do sistema de energia e propuseram estratégias de proteção do sistema e tecnologias de redes inteligentes como meio de aumentar a resiliência do sistema. No final, os desafios para a resiliência do sistema de energia foram discutidos, incluindo a modelagem de eventos extremos, barreiras práticas, interdependência com outras infraestruturas críticas, etc.

Ouyang e Wang (2015) afirmam que a interdependência dos serviços essenciais aumenta a eficiência operacional, por outro lado, a vulnerabilidade a ocorrências não planejadas são maiores. Significa dizer que uma falha de um item do sistema causa um efeito cascata ao longo de todos os processos. Eles desenvolveram um método de avaliação resiliente do processo de restauração da alimentação de gás natural e energia elétrica em Houston, Texas, EUA quando acontecem desastres naturais, em particular o estudo aborda a ocorrência de furacões. Foi proposto cinco estratégias de restauração do sistema. Os resultados comprovaram que como os recursos limitados de restauração ambos os serviços ficam com sua confiabilidade comprometida. O trabalho conclui que quanto menor a interdependência dos serviços, mais rápida será a sua restauração e menor o impacto dos danos causados.

Uma das características da complexidade são os elementos que interagem dinamicamente, como o setor elétrico é todo interligado iniciando na geração até a distribuição passando pela transmissão pode-se associar o nível de interdependência, por exemplo, um problema na geração vai repercutir ao longo de todo o SEP. Pesquisas na área de resiliência para o setor elétrico ainda estão em fase incipiente assim como trata-se do assunto controle e monitoramento de setor elétrico e o desenvolvimento de estudos sobre sua complexidade.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

#### 3.1 ESTRATÉGIA DE PESQUISA

Este estudo é enquadrado como uma aplicação de Design Science Research (DSR), visto que essa tem como objetivo desenvolver conhecimento para resolução de problemas por meio da construção de artefatos ou aprimoramento de artefatos existentes (VAN AKEN, 2004; HOLMSTRÖM et al., 2009). Nesta pesquisa, o artefato é um framework com o propósito de analisar as relações entre a complexidade e a resiliência em sistemas sóciotécnicos complexos. A epistemologia do DSR salienta o “aprender fazendo” (VAN AKEN, 2016), envolvendo o desenvolvimento de um artefato inovador para resolver um problema prático e, simultaneamente, desenvolver uma contribuição científica prescritiva. Desse modo, a DSR possui ênfase em responder perguntas do tipo "Como?" em vez de perguntas do tipo “O que?”, focadas na descrição de determinado fenômeno (HOLMSTRÖM et al., 2009).

Os frameworks são utilizados como uma forma de traduzir temas complexos em formas que possam ser estudadas e analisadas e são particularmente, empregados para: comunicar ideias e descobertas a uma ampla comunidade, entre acadêmicos ou entre academia e indústria; realizar comparações entre diferentes situações e abordagens; definir o domínio ou os limites de uma situação; descrever o contexto ou argumentar a validade de uma descoberta; e suportar o desenvolvimento de procedimentos, técnicas ou métodos e ferramentas (SHEHABUDEEN; PROBER; PHAAL, 2000). Eles por sua vez, são importantes especialmente em áreas onde há dificuldade de compreensão conceitual e divergências na literatura. Crossan, Lane e White (1999) destacam que um bom framework define o território que estamos trabalhando e nos deixa mais próximos da teoria, porém precisam atender a algumas exigências:

- a) identificação clara do fenômeno de interesse;
- b) indicação das premissas - chave ou suposições subjacentes ao framework;
- c) descrição da relação entre os elementos trabalhados.

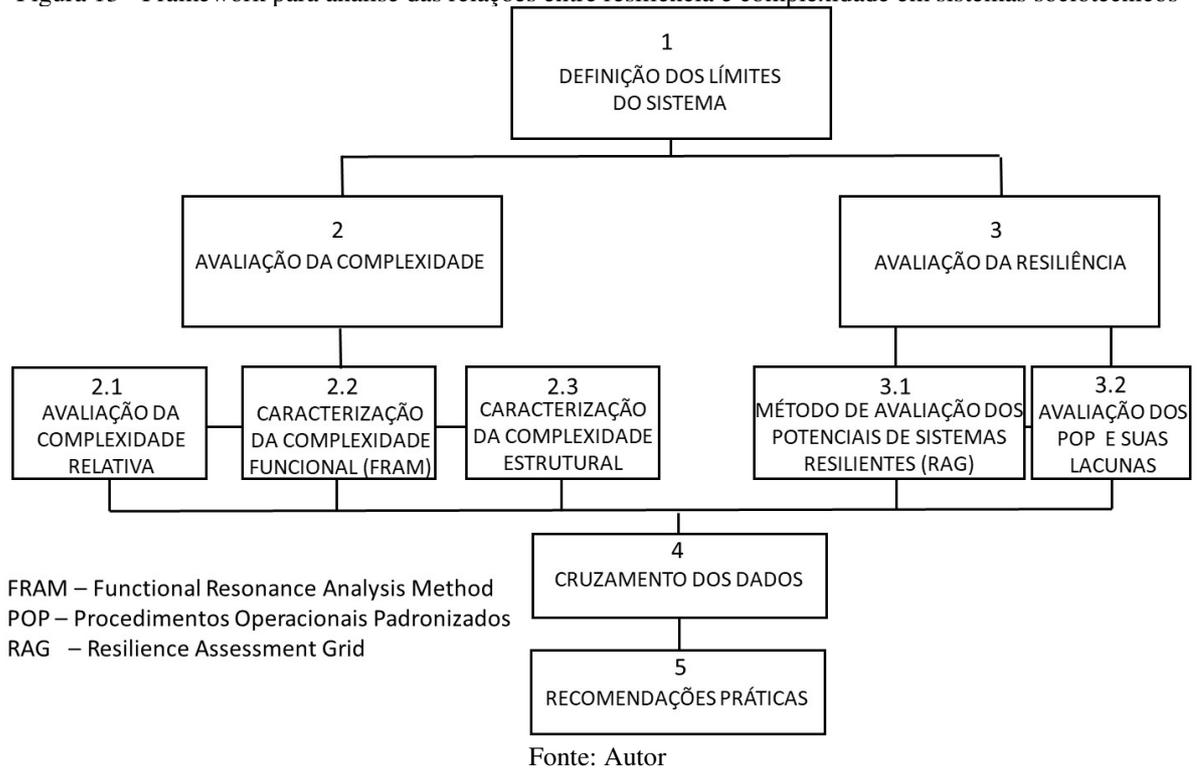
Holmström et al. (2009) corroboram ao afirmarem que o processo de desenvolvimento de soluções no DSR é altamente interativo, podendo apresentar situações não esperadas como importante elementos. Assim, os problemas vão sendo construídos e, também, refinados num processo de pesquisa interativo. A Avaliação final do artefato não dispensa que, em cada etapa do método da Design Science Research, sejam realizadas avaliações parciais dos resultados. Isso se faz necessário, para se certificar de que a pesquisa está no sentido dos objetivos propostos.

A DSR também tem ênfase em resolver problemas práticos. Nessa pesquisa, o problema prático diz respeito a como monitorar e influenciar a resiliência dos sistemas de geração e transmissão de energia elétrica, levando em conta suas características estruturais e funcionais de complexidade. A DSR busca elevar o desempenho de pesquisas por meio da utilização de um framework conceitual conciso para entender, executar e avaliá-la. De acordo com o framework, uma pesquisa é realizada em um ambiente produzindo uma base de conhecimento (HEVNER, 2007). Tendo em vista o papel fundamental da energia elétrica nas sociedades modernas, bem como o histórico, no Brasil e exterior, de eventos de grande escala de interrupção de energia, o tema em questão tem implicações práticas claras.

### 3.2 FRAMEWORK PROPOSTO

O framework proposto, representado na figura 13, para desenvolvimento da pesquisa possui cinco etapas. A etapa 1 trata da definição dos limites do sistema a ser analisado, bem como da sua descrição. A etapa 2 enfatiza a caracterização da complexidade do sistema, em três dimensões: (i) na etapa 2.1, a avaliação da complexidade relativa, por meio de um questionário originalmente desenvolvido e aplicado em ambiente hospitalar (RIGHI, 2015); (ii) na etapa 2.2, a avaliação da complexidade funcional, por meio do FRAM, o qual também permite compreender o work-as-done; (iii) na etapa 2.3, a avaliação da complexidade estrutural, segundo os quatro subsistemas sócio-técnicos definidos por Hendrick e Kleiner (2001), quais sejam o técnico, social, organização do trabalho e ambiente externo. A etapa 3 envolve a avaliação da resiliência, sob dois aspectos: (i) na etapa 3.1, são avaliados os quatro potenciais de sistemas resilientes (responder, monitorar, antecipar, aprender), por meio do Resilience Assessment Grid, conforme proposta de Hollnagel (2017); (ii) na etapa 3.2, um ou mais procedimentos operacionais padronizados são analisados segundo um conjunto de critérios proposto por Saurin (2015), os quais incluem a identificação de situações subespecificadas e que portanto devem ser resolvidas pelos operadores com base em outros recursos, que não os padrões. A etapa 4 apresenta o cruzamento dos dados levantados nas etapas 2 e 3, visando identificar como as características de complexidade influenciam a resiliência, bem como a natureza dessa influência (desejável ou indesejável). Na etapa 5, são apresentadas recomendações práticas para influenciar e monitorar a resiliência do sistema, principalmente por meio da atuação sobre as características de complexidade.

Figura 13 - Framework para análise das relações entre resiliência e complexidade em sistemas sóciotécnicos



## ETAPA 1 – DEFINIÇÃO DOS LIMITES DO SISTEMA

Esta etapa envolve definir os limites do sistema, alguns critérios para definir os limites são (HOLLNAGEL, 2012; HOLLNAGEL;WOODS, 2005): ; (a) incluir funções que possam ser controladas e afetem o desempenho - uma função refere-se ao que as pessoas, individualmente ou coletivamente, têm que fazer para atingir um objetivo específico; e (b) funções que não podem ser controladas e que não afetam o desempenho, devem estar fora dos limites.

## ETAPA 2 – AVALIAÇÃO DA COMPLEXIDADE

Com a definição do SSTC a ser pesquisado, inicia-se a avaliação de sua complexidade. A avaliação da complexidade tem como base as características de sistemas sociotécnicos identificadas por meio de uma revisão bibliográfica conduzida por Saurin e Sosa (2013) quais sejam: grande número de elementos que interagem dinamicamente, grande diversidade de elementos, variabilidade inesperada e resiliência. Essas características já foram descritas no referencial teórico, presente na seção 2.2.

## ETAPA 2.1 – AVALIAÇÃO DA COMPLEXIDADE RELATIVA

Utiliza-se como base para essa avaliação, o questionário desenvolvido por Righi (2014) e utilizado em um serviço de emergência hospitalar. O questionário é composto de vinte e duas (22) questões relacionadas às quatro categorias de atributos de sistemas complexos identificadas por Saurin e Sosa (2013), com exemplos ilustrativos adequados às atividades do ambiente pesquisado. Ressalta-se ainda a presença de uma questão de percepção global na qual os entrevistados avaliam o nível de complexidade das atividades desenvolvidas. O apêndice B apresenta o questionário e as associações com as categorias de complexidade: (i) grande número de elementos que interagem dinamicamente – 3 questões; (ii) grande diversidade de elementos - 5 questões, (iii) variabilidade inesperada - 10 questões; (iv) resiliência - 4 questões. Ao ler os enunciados, os respondentes devem avaliar de zero a 100 o nível de concordância com a afirmação descrita, utilizando uma barra deslizante que em seus extremos apresenta os termos “discordo totalmente” no limite mínimo e “concordo totalmente” no máximo. A figura 14 apresenta um exemplo das perguntas do questionário sobre complexidade.

Figura 14 - Exemplo de pergunta do questionário de avaliação de complexidade.

<b>PERGUNTA</b>	<b>DISCORDO TOTALMENTE</b>	<b>CONCORDO TOTALMENTE</b>	<b>NOTA</b>
A minha carga de trabalho varia muito em função da hora do dia, dia da semana, estação do ano ou em função de eventos externos (p. ex.: acidentes, catástrofes, clima).	<		>
	<input type="text"/>		<input type="text"/>

Fonte: Autor

A fim de complementar os dados do questionário, utiliza-se a técnica de questerview (ADAMSON et.al, 2004). Nessa técnica, após o preenchimento do questionário, o respondente é convidado a responder perguntas como as seguintes: "Cite exemplos", "Você está certo da sua resposta?", "Como você lida com essa situação?", "Você poderia fazer diferente?". O objetivo é compreender o porquê do entrevistado ter atribuído uma determinada nota para determinada questão, especialmente aquelas com pontuação próxima dos extremos que representavam a discordância (nota 0%) ou concordância total (100%) com a proposição.

## ETAPA 2.2 – CARACTERIZAÇÃO DA COMPLEXIDADE FUNCIONAL: FRAM

A análise do trabalho real é aprofundada por meio do método FRAM, representando o “work-as-done” (HOLLNAGEL, 2012; CLAY-WILLIAMS et al., 2015). A aplicação do FRAM apresenta quatro etapas: (i) identificar e descrever as principais funções do sistema; (ii) caracterizar a variabilidade potencial de cada função; (iii) agregação de variabilidade, considerando a variabilidade real em um dado cenário; (iv) propor recomendações para monitorar e influenciar a variabilidade (HOLLNAGEL, 2012; HOLLNAGEL, 2014). Além das etapas descritas, Hollnagel (2012) inclui uma etapa preliminar, responsável por definir o objetivo da aplicação do FRAM.

A etapa (i) trata da identificação e descrição das funções considerando seis aspectos: Input, Output, Pré-condição, Recurso, Tempo e Controle. A etapa (ii) pretende caracterizar a variabilidade potencial de cada função. Uma vez identificadas as possíveis fontes internas e externas de variabilidade, é necessário descrever como a variabilidade aparecerá na saída de uma função, ou seja, como ela se manifestará. Isso é importante porque fornece a base para observar ou detectar a variabilidade e porque dá uma ideia de como a variabilidade pode afetar as funções posteriores. As manifestações da variabilidade podem, em princípio, ser descritas de duas maneiras diferentes, uma simples e outra mais detalhada. A descrição simples caracteriza a variabilidade da saída de uma função em termos de tempo e precisão. A descrição detalhada da variabilidade de saída pode ser em relação ao tempo (muito cedo, muito tarde) e duração (curta, longa), força (fraca, forte), distância (muito longa, muito curta) e direção (direção errada), objeto ou alvo (item errado, destinatário errado) e, finalmente, em relação à sequência ou ordem de duas ou mais subatividades (HOLLNAGEL, 2014). A etapa (iii) corresponde à agregação de variabilidade, considerando a variabilidade real em um dado cenário. A base do FRAM é a descrição das funções que compõem uma atividade ou um processo. A descrição começa pelas próprias funções, e não pela forma como são ordenadas ou relacionadas. O relacionamento é descrito indiretamente como relações definidas por aspectos de funções. O termo técnico comum para tais relações chama-se acoplamento. Se, por exemplo, a saída de uma função A, também é definida como uma pré-condição para outra função B, então as duas funções estão potencialmente acopladas. Pode-se dizer também que a função B usa a saída da função A como pré-condição. Os acoplamentos em um modelo FRAM são geralmente n-para-n (ou muitos-para-muitos) e somente ocorrem entre saídas e os demais aspectos das funções. As dependências que são a consequência dos atributos de aspecto partilhados, são chamadas de acoplamentos potenciais. Isso ocorre porque um modelo FRAM descreve as relações ou dependências potenciais ou possíveis entre as funções, sem se referir a nenhuma situação específica. A etapa (iv) diz respeito à proposição de recomendações para monitorar e influenciar a variabilidade. Isso pode incluir, por exemplo, a proposta de indicadores de desempenho qualitativos ou quantitativos, assim como ações de re-projeto do sistema, tais como a inclusão de novas funções ou a eliminação de funções existentes. Finalizando a etapa (v) propõe formas de gerenciar a variabilidade ou possíveis condições de ressonância funcional.

A representação gráfica das funções e relação entre funções é realizada com o software FRAM Model Visualiser (versão 0.4.3)<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> Disponível para acesso gratuito em <[www.funcionnalresonance.com](http://www.funcionnalresonance.com)>. Acesso em 11 out. 2018.

### **ETAPA 2.3 – CARACTERIZAÇÃO DA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL**

Para compreender a complexidade estrutural de um SST utiliza-se a descrição dos subsistemas que o compõem conforme já descrito na etapa 1. A quantificação de determinados elementos do SST também é realizada nessa etapa. Desse modo, por exemplo, o número de pessoas e máquinas que compõem o sistema (dados úteis para descrever os subsistemas social e técnico, respectivamente) permite inferir sobre a ordem de grandeza da característica de complexidade com grande número de elementos em interações dinâmicas (Righi, 2014). A caracterização funcional, pode ser realizada através de fluxogramas e mapas de processos e do FRAM, que ilustram as interconexões entre os estágios do processo. A caracterização estrutural deve basear-se na identificação dos elementos pertencentes aos quatro sub-sistemas do sistema sociotécnico: (i) subsistema social, definido pelas pessoas que atuam nesse sistema; (ii) subsistema técnico, definido pelos artefatos que as pessoas usam para execução de suas atividades; (iii) subsistema organizacional, definido pelas rotinas gerenciais; e, (iv) ambiente externo, formado pelos fatores políticos, culturais, educacionais, econômicos e legais externos ao SST, mas que influenciam os demais subsistemas (HENDRIK; KLEINNER, 2001).

### **ETAPA 3– AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA**

Os tópicos seguintes apresentam os caminhos para avaliar a resiliência, sendo eles o método de avaliação dos potenciais de sistemas resilientes (RAG) e a avaliação dos Procedimentos Operacionais Padrão (POP) e suas lacunas.

#### **ETAPA 3.1 – MÉTODO DE AVALIAÇÃO DOS POTENCIAIS DE SISTEMAS RESILIENTES (RAG)**

O RAG objetiva medir a resiliência de uma organização no trabalho cotidiano com base na avaliação de como a organização responde, monitora, aprende e antecipa (HOLLNAGEL, 2011).

O Questionário é desenvolvido para avaliar os potenciais de resiliência da organização conforme recomendações de Hollnagel (2017). O apêndice A apresenta o questionário que é definido com 14 (quatorze) perguntas avaliando o potencial responder, 9 (nove) perguntas o potencial monitorar, 8 (oito) o potencial antecipar e 15 (quinze) o potencial aprender. As perguntas foram formuladas ou adaptadas conforme recomendações de Hollnagel (2017) para aplicação do RAG. Utiliza-se mais quatro perguntas de informação geral sobre o setor de

trabalho, cargo que ocupa, faixa etária e tempo de serviço na empresa. A figura 15 representa o modelo das perguntas do questionário sobre RAG.

Figura 15 - Modelo de pergunta do questionário de potenciais de Resiliência.

PERGUNTA	DISCORDO TOTALMENTE	CONCORDO TOTALMENTE	NOTA
Existem recursos suficientes para que minha equipe possa responder eficazmente a situações e eventos inesperados?	<	>	<input type="text"/>

Fonte: Autor

O processo de construção do RAG é composto de quatro etapas, conforme propõe Hollnagel (2011). O RAG 1 faz a descrição da estrutura do sistema, limites, pessoas e recursos envolvidos, o RAG 2 define um conjunto adequado de perguntas que sejam confiáveis e suficiente para avaliar os quatro potenciais. Dificilmente é possível definir questões gerais válidas para qualquer setor. Como a resiliência está fortemente relacionada ao propósito do sistema para o qual ela deve ser avaliada, os quatro pilares precisam ser detalhados em um contexto específico do setor. Essa fase é geralmente uma atividade recursiva para formular as perguntas mais apropriadas, envolvendo vários especialistas em assunto. A proposta inicial desenvolvida por Hollnagel (2011) apresentou 61 perguntas para o RAG para uma aplicação de emergência hospitalar no Canadá; ele ainda reitera que não existe um número mínimo ou máximo de questões pois cada situação a ser analisada tem suas próprias características. O RAG 3 tem o objetivo de identificar um grupo de pessoas que trabalham no sistema que poderiam respondê-las. O RAG 4 faz a combinação das classificações para avaliação dos potenciais e conclusões das avaliações realizadas.

Similarmente ao realizado na avaliação da complexidade relativa (etapa 2.1), utilizou-se a técnica de Questierview a fim de complementar os dados do questionário de avaliação dos potenciais de resiliência.

### **ETAPA 3.2- AVALIAÇÃO DOS POP E SUAS LACUNAS**

O procedimento operacional padrão (POP) é definido como um conjunto de instruções e métodos que descrevem como um determinado processo deve ser realizado para atingir efetivamente um objetivo (CARSON & DENT, 2007). Segundo Campos (2014), o POP deve conter todas as informações necessárias ao bom desenvolvimento do processo, sendo a forma segura e eficiente de alcançar os requisitos da qualidade. Como existem muitos procedimentos, pois englobam praticamente todas etapas do processo operacional, utiliza-se para análise, por exemplo, os que representam as atividades críticas (instruções de operação, mensagens

operativas, regras de operação, cadastro de dados, rotinas operacionais, ajustamentos operativos etc.) identificadas a partir das funções críticas apontadas pelo FRAM, por exemplo, na operação de sistemas elétricos uma situação que pode causar danos a pessoas, equipamentos ou instalações, exigindo, portanto, providências imediatas, sem comunicação prévia com os centros de operação.

Os critérios para analisar os POP são aqueles propostos por Saurin, et al, (2015) e que até o momento foram testados apenas na área de saúde em hospitais: (i) as metas da atividade; (ii) as entradas e condições mínimas necessárias para iniciar a atividade; (iii) as restrições de trabalho que podem dificultar o procedimento; (iv) super especificação das etapas da atividade; (v) sub especificação dos passos; e (vi) relacionamento com outros procedimentos.

#### **ETAPA 4 – CRUZAMENTO DOS DADOS**

Essa etapa do framework apresenta o cruzamento dos dados levantados nas etapas 2 e 3, visando identificar como as características de complexidade influenciam a resiliência, bem como a natureza dessa influência (desejável ou indesejável). Essa análise fornecerá informações adicionais para um melhor aproveitamento dos resultados das informações coletadas. A partir dos resultados apurados nos critérios para caracterização de complexidade (elementos que interagem de forma dinâmica, Grande diversidade de Elementos, Variabilidade inesperada e Resiliência) e dos potenciais de resiliência (Responder, Antecipar, Monitorar e Aprender) realiza-se o cruzamento dos dados para avaliar a influência dos potenciais de resiliência nas características de complexidade e vice-versa.

Elabora-se uma tabela, por exemplo, das relações entre as características de complexidade e os potenciais de resiliência de SSTC avaliando o nível de correlação estatística entre essas variáveis. Essa análise apresenta os resultados quantitativos e deve ser qualitativamente comprovada, por exemplo através de entrevistas com representantes do universo pesquisado. A tabela 6 abaixo apresenta uma proposta de representação dos dados:

Tabela 6 - Relação entre Potenciais de Resiliência e Características de complexidades

POTENCIAS DE RESILIENCIA	COMPLEXIDADE			
	Elementos que interagem de forma dinâmica	Grande diversidade de Elementos	Variabilidade inesperada	Resiliência
RESPONDER				
ANTECIPAR				
MONITORAR				
APRENDER				

Fonte: Autor

O framework oferece para análise de cruzamento de informações desenvolvidas no FRAM, que além de identificar as diferenças entre o trabalho planejado do realizado fornece as verificações se os procedimentos operacionais estão de acordo com a execução das atividades.

A análise dos procedimentos operacionais atendendo a propostas de melhorias já implantadas em outros SST busca alcançar a uniformidade na execução de uma função específica fazendo uso do recurso do FRAM para aproximar o trabalho planejado do realizado.

## ETAPA 5 – RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

Os dados produzidos nas etapas anteriores estabelecem uma base para a proposta de recomendações práticas para monitorar e influenciar a resiliência do sistema analisado, enfatizando oportunidades que envolvam a atuação sobre as características de complexidade estrutural e funcional. As seguintes premissas são úteis para elaborar as recomendações:

(a) uma parcela da complexidade, embora tenha impactos indesejados, não pode ser eliminada em função da falta de outras opções viáveis de operação do sistema. Ações devem ser propostas para lidar com os impactos dessa parcela da complexidade, que tende a exigir resiliência reativa;

(b) outra parcela da complexidade não deve ser eliminada, pois contribui para a resiliência proativa;

(c) recomendações que impliquem na criação de novas funções tendem a aumentar a complexidade do sistema, sob pena de consequências não desejadas. Assim, é necessária uma análise das dificuldades e riscos trazidos pelas recomendações em si;

(d) recomendações para lidar com as cinco diretrizes de complexidade propostas por Saurin et al. (2013):

(i) apoiar a visibilidade de processos e resultados;

- (ii) folga de design;
- (iii) incentivar a diversidade de perspectivas ao tomar decisões;
- (iv) monitorar e entender a lacuna entre trabalho imaginado (planejado) e trabalho realizado; e
- (v) monitorar conseqüências não intencionais de melhorias e mudanças.

### 3.3 APLICAÇÃO DO FRAMEWORK

A operacionalização das etapas do framework no estudo empírico é descrita a seguir aplicado num centro de controle, supervisão e monitoramento de operações de geração e transmissão de energia elétrica.

#### 3.3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DO SST INVESTIGADO

O SSTC escolhido como campo para estudo é o Centro de Operações de Sistemas (COS) do COSR-SE (Centro de Operações de Sistemas – Regional Sudeste) do ONS. Para o exercício de suas atribuições legais e o cumprimento de sua missão institucional, o ONS desenvolve uma série de estudos e ações exercidas sobre o sistema e seus agentes proprietários para gerenciar as diferentes fontes de energia e a rede de transmissão, de forma a garantir a segurança do suprimento contínuo em todo o país, com os objetivos de (site do ONS):

- (a) promover a otimização da operação do sistema eletro energético, visando o menor custo para o sistema, observados os padrões técnicos e os critérios de confiabilidade estabelecidos nos Procedimentos de Rede aprovados pela Aneel;
- (b) garantir que todos os agentes do setor elétrico tenham acesso à rede de transmissão de forma não discriminatória; e
- (c) contribuir, de acordo com a natureza de suas atividades, para que a expansão do SIN se faça ao menor custo e vise às melhores condições operacionais futuras.

Entre os motivadores da escolha de pesquisa nesse local destaca-se sua importância para o sistema elétrico, assim como o nível de complexidade das atividades. Outro fator determinante foi um conhecimento prévio de formação específica do pesquisador, o que facilitou a compreensão de aspectos técnicos.

#### 3.3.2 COLETA DE DADOS

A coleta de dados para o teste do framework envolveu várias fontes de dados, permitindo a triangulação a ser apresentada na Tabela 7.

Tabela 7 - Técnicas de coleta de dados e sua associação com as etapas do framework

Fonte de dados	ETAPA 1	ETAPA 2	ETAPA 3	ETAPA 4	ETAPA 5
Análise de documentos	X	X	X		X
Observação Não Participante	X	X	X		X
Entrevista		X	X		X
Revisão Bibliográfica	X	X	X	X	X
Questionário		X	X		X
Reunião		X	X		X

Fonte: Autor

Segundo Lakatos e Marconi (2001), a pesquisa documental é a coleta de dados em fontes primárias, como documentos escritos ou não, pertencentes a arquivos públicos; arquivos particulares de instituições e domicílios, e fontes estatísticas. Documentos relacionados aos POP (Procedimentos Operacionais Padronizados), treinamentos e organogramas, entre outros, estão disponíveis no site da instituição. Com acesso autorizado pela empresa foi permitindo visualizar esses documentos, que foram consultados para ajudar na descrição do SST, caracterizar a complexidade e avaliar as diretrizes da empresa. Como exemplo, para descrever a resiliência, conhecer os Padrões de Procedimentos Operacionais foi crucial, pois permitiu verificar o trabalho como imaginado contra o trabalho como realizado.

Existia uma grande quantidade de documentos empresariais (mapas, fluxogramas, manuais, etc.) e limitou-se a pesquisa na análise dos procedimentos operacionais relacionados as etapas de pesquisa que são pré-operação, operação em tempo real e pós operação, os organogramas da empresa, suas atribuições, responsabilidades e obrigações. Importante ressaltar que alguns documentos são direcionados a todas as atividades da empresa como o POP para tratamento e identificação de não-conformidades que engloba as responsabilidades dos agentes de operação e pelo próprio agente fiscalizador.

A técnica utilizada foi a de observação não participante, quando os sujeitos não sabem que estão sendo observados, o observador não está diretamente envolvido na situação analisada e não interage com objeto da observação. Nesse tipo de observação o pesquisador apreende uma situação como ela realmente ocorre. Contudo, existem dificuldades de realização e de acesso aos dados (MOREIRA, 2004). O observador entra em contato com o grupo, a comunidade ou a realidade estudada, porém, não se envolve, nem se integra a ela; permanece de fora, ele presencia o fato, mas não participa dele (MARCONI & LAKATOS, 1996). Ela permite verificar na prática a veracidade de algumas informações obtidas através de outras

técnicas, além de permitir a identificação de comportamentos não intencionais ou inconscientes e explorar tópicos que os informantes não se sentem à vontade para discutir (LAVILLE e DIONE, 1999). Embora não seja a mais recomendada, mas pelo fato de ser uma pesquisa com obtenção de um título acadêmico utilizou-se a observação individual que é uma técnica realizada por um único pesquisador, de modo que sua personalidade se projeta no observado (MARCONI & LAKATOS, 1996).

Essas observações ocorreram durante um período de três meses no ano de 2018 e foram realizadas no desenvolvimento das atividades de trabalho na linha de frente durante um período 120 h nas instalações do SSTC analisado. As observações tiveram ênfase na compreensão das atividades realizadas pelo pessoal e nas interações sociais e técnicas resultantes. Essas observações se concentraram nos principais processos de execução dos trabalhos, e também ofereceram oportunidades para conversas curtas e informais com os profissionais, apoiando, assim, a compreensão do trabalho como realizado. As observações foram registradas num caderno em forma de diário, organizado de acordo com as atividades observadas e insights associados ao objeto da pesquisa. A ambientação no local de pesquisa foi facilitada com a realização do processo de observação e contribuiu para a formação de uma relação social com os profissionais envolvidos e dessa forma facilitou a realização de outras etapas da pesquisa.

Quanto aos questionários, nos passos 2 e 3, foram disponibilizados para serem respondidos de forma conjunta. Antes do início o entrevistado era informado sobre o objetivo da pesquisa, a forma para respondê-la e uma noção geral de sistemas sociotécnicos e complexidade. Inicialmente seriam respondidas uma apresentação do perfil do candidato com quatro perguntas relacionadas ao setor de trabalho, cargo que ocupava na empresa, faixa etária e tempo de experiência na atividade; após ele responderia as perguntas sobre complexidade. Encerrando-se a primeira parte, foi apresentado antes das questões sobre potenciais de resiliência um texto com a explicação de cada um deles (Responder, Monitorar, Antecipar e Aprender) e caracterizando cada um para um melhor entendimento do entrevistado.

A estratégia utilizada para divulgação do questionário foi realizada da seguinte forma: inicialmente aplicou-se aos participantes indicados pelas gerências para acompanhamento das atividades e foi informado a necessidade de adesão do maior número de respondentes das equipes envolvidas, ou se fosse possível, todos. Realizou-se uma conversa com os gerentes de cada seção envolvida e ficou acordado que eles receberiam o convite para responder ao questionário e divulgariam aos seus colaboradores informando a importância da participação e se necessário fosse reiterando junto com a equipe para que o questionário fosse preenchido e com o maior nível de fidedignidade.

Foram escolhidos os membros das equipes de Pré-Operação, Operação em tempo real e Pós-Operação e foram convidados a responderem os membros da equipe de hidrologia e meteorologia que participaram no esclarecimento do funcionamento do processo. Ao todo obteve-se um total de 59 colaboradores envolvidos no processo, sendo que destes, 46 responderam ao questionário. A distribuição dos entrevistados obedeceu a tabela 8.

Tabela 8 - Distribuição dos respondentes por setor pesquisado

<b>SETOR</b>	<b>FUNCIONÁRIOS</b>	<b>NÚMERO DE RESPONDENTES</b>
PRÉ-OPERAÇÃO	9	7
METEOROLOGIA	4	3
TEMPO REAL	35	25
PÓS-OPERAÇÃO	11	11
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>	<b>46</b>

Fonte: Autor

Utilizou-se para medir a consistência dos questionários o alfa de Cronbach que apresentou para complexidade um valor de 0,76 e o sobre potenciais de resiliência apresentou um valor de 0,88. As tabelas no apêndice B apresentam os resultados da estatística descritiva para as questões que avaliavam a característica de complexidade relacionadas aos critérios específicos de cada entrevistado. Como o universo de respondentes era baixo e heterogêneo em alguns critérios foi necessário para uma melhor análise realizar algumas adaptações nos perfis gerais solicitados durante a pesquisa. Foram eles:

- i) Setor de trabalho: Os funcionários da meteorologia e hidrologia atendem a demanda da pré-Operação e foram deslocados para esse setor pois eram apenas quatro funcionários e não forneceriam dados relevante suficientes para uma boa análise.
- ii) Cargo na empresa: Os gerentes são engenheiros e foram considerados como tais, os meteorologistas e hidrologistas (engenheiro civil) por desenvolverem atividades mais relacionadas a engenharia e também foram considerados nesse perfil. Os supervisores que também são num número baixo de profissionais e por trabalharem todos na atividade em tempo real foram considerados como operadores.
- iii) a faixa etária que tinha quatro faixas foram reduzidas para apenas duas, sendo, menor que 35 anos e maior de 35 anos;
- iv) Por último no critério tempo de experiência só se adotou duas faixas sendo a primeira até 10 anos e a segunda mais que dez anos de experiência.

O questionário aplicado teve seus resultados coletados por meio do aplicativo computacional Survey Monkey e os dados foram coletados para serem analisados utilizando a

estatística descritiva.

Ao todo foram realizadas doze entrevistas com profissionais que trabalhavam na Diretoria de Operação e foram recomendados por seus gerentes para acompanhamentos das atividades. Utilizou-se inicialmente a técnica CDM (Critical Decision Method) para coleta de dados e depois o Questier View para verificação dos resultados coletados. Todas as entrevistas foram gravadas digitalmente, transcritas na íntegra e seguiram os procedimentos recomendados por Crandal (2006). Os entrevistados foram indicados pelas gerências envolvidas e por possuírem profundo saber no tema escolhido.

Os principais critérios na escolha dos participantes foram que eles representassem as diferentes etapas do SST pesquisado, disponibilizassem um tempo agendado por eles para que a entrevista fosse realizada, know-how na área de atuação que forneceria as informações solicitadas.

O quadro 1 apresenta o questionário e as respectivas associações às características de complexidade. As questões foram divididas da seguinte forma: grande número de elementos que interagem de forma dinâmica (Q1, Q6, Q7, Q11 e Q15), variabilidade inesperada (Q2, Q3, Q4, Q5, Q9, Q10, Q12, Q13, Q14, Q16), grande diversidade de elementos (Q19, Q20, Q21), Resiliência (Q8, Q17, Q18, Q22) e duas de abordagem geral (Q23 e Q24). As perguntas foram colocadas fora de ordem em relação as características de complexidade pois o questionário tem uma sequência lógica que será quebrada e pode confundir o entrevistado durante o seu preenchimento

O quadro 2 apresenta o questionário e as respectivas associações aos potenciais de resiliência. As questões foram divididas da seguinte forma: Potencial Responder (Q25 a Q38), Potencial Monitorar (Q39 a Q47), Potencial Monitorar (Q48 a Q55), Potencial Aprender (Q56 a Q70). As perguntas de potenciais como tratavam do mesmo assunto e tinham o mesmo objetivo foram apresentadas de forma sequencial.

Quadro 1 - Questionário e Avaliação das Características de Complexidade

CARAC. DE SST	QUESTÃO	CARACTERIZAÇÃO DA COMPLEXIDADE
Grande número de elementos que interagem de forma dinâmica	Q1	As atividades realizadas são dinâmicas, mudando com o passar do tempo (p.ex.: muda a disponibilidade de recursos, mudam os tipos de softwares, a carga de trabalho, as instalações, as manobras, etc.).
	Q6	Existe um grande número de elementos (p.ex.: pessoas, equipamentos, materiais, procedimentos, controles) interagindo na execução das atividades.
	Q7	A minha carga de trabalho varia muito em função da hora do dia, dia da semana, estação do ano ou em função de eventos externos (p. ex.: acidentes, catástrofes, clima).
	Q11	As atividades apresentam vários parâmetros de controle (p.ex.: número de consumidores, número de equipes, quantidade e tipo de carga afetada, tempo de atendimento), sendo que estes parâmetros possuem relação entre si.
	Q15	As atividades que realizo são muito inter-relacionadas com as atividades de meus colegas (p. ex.: colegas da manutenção, colegas da construção, colegas da distribuição).
Variabilidade Inesperada	Q2	Eu tomo decisões sob incerteza, uma vez que as informações necessárias nem sempre estão disponíveis no momento e na quantidade ideal.
	Q3	As atividades que eu realizo apresentam incerteza quanto aos seus objetivos.
	Q4	As atividades que eu realizo apresentam incerteza nos seus métodos de execução.
	Q5	São comuns as situações em que uma decisão ou ação amplifica um problema, criando uma bola de neve ou um círculo vicioso.
	Q9	É comum que eu use fontes de informação indiretas para a execução das minhas atividades (p. ex.: ao invés de eu verificar a situação in loco, eu preciso confiar em informações de colegas de trabalho ou de agentes externos como consumidores, por exemplo).
	Q10	Situações imprevistas ocorrem com frequência durante a realização das minhas atividades.
	Q12	As relações de causa e efeito entre minhas ações/decisões e seus resultados são vagas e imprecisas.
	Q13	Um pequeno erro na realização da minha atividade (p. ex.: realizar diagnóstico impreciso, solicitar/realizar uma manobra errada) pode gerar uma mudança significativa no resultado final.
	Q14	Pequenas alterações/variabilidade em minhas atividades (por ex: mais equipes sob minha supervisão, mais consumidores sobre minha responsabilidade) podem gerar uma mudança significativa no resultado final.
	Q16	O ambiente externo (p. ex.: políticas de governo, atos da população, condições climáticas, greves) tem grande influência nas minhas atividades.
Grande diversidade de elementos	Q19	Existe muita diversidade técnica no meu ambiente de trabalho (p. ex.: tipos de equipamentos, softwares, materiais de apoio).
	Q20	O meu ambiente de trabalho apresenta muita diversidade social (p. ex.: gênero, idade, nível de formação, nível de treinamento, estado civil).
	Q21	Existe em meu ambiente de trabalho muita diversidade organizacional (p. ex.: níveis hierárquicos, setores, tipos de procedimentos, turnos).
Resiliência	Q8	Tenho grande autonomia para a realização das minhas atividades
	Q17	Não existem folgas para a execução das atividades (p. ex.: equipamentos e equipes redundantes, tempo para tomada de decisão, recursos operativos abundantes).
	Q18	O feedback de outras pessoas envolvidas no trabalho (p. ex.: colegas operadores, supervisores, consumidores) influencia na realização da minha atividade.
	Q22	O modo como as coisas funcionam atualmente nessa organização decorre da história da mesma (p. ex.: legados de pessoas que já trabalharam aqui anteriormente, políticas públicas de administradores e governos anteriores).
GERAL	Q23	Você considera suas atividades complexas?
	Q24	Você considera a operação do Sistema Elétrico de Potência brasileiro segura?

Fonte: Autor

Quadro 2 - Questionário sobre Potenciais de Resiliência

POTENCIAL	QUESTÃO	AVALIAÇÃO DOS POTENCIAIS DE RESILIÊNCIA
RESPONDER	Q25	Os métodos e procedimentos de trabalho descritos no MPO (Manual de Procedimentos de Operação) são adequados ao tipo de operação desta unidade?
	Q26	O MPO é continuamente atualizado para refletir as operações atuais desta unidade?
	Q27	Os procedimentos e métodos do MPO estão de acordo com minha visão de como o trabalho deve ser executado?
	Q28	O MPO é flexível, permitindo que o operador individual ajuste suas ações quando julgar apropriado
	Q29	Há recursos suficientes disponíveis (pessoal, tecnologia, outros) para atender aos requisitos dos procedimentos operacionais?
	Q30	Existem recursos suficientes para que minha equipe possa responder eficazmente a situações e eventos inesperados?
	Q31	Existem medidas para garantir que a capacidade de responder seja mantida?
	Q32	Minha Equipe responde bem a situações e eventos inesperados?
	Q33	Possuímos autonomia, independentemente da situação, para resolver uma ocorrência ou evento inesperado?
	Q34	Sei quem procurar quando preciso de ajuda para resolver uma situação ou evento inesperado
	Q35	A resposta aos eventos inesperados ocorre na velocidade desejada?
	Q36	Se algo inesperado acontecer, minha equipe investigará as causas.
	Q37	Estou preparado para responder quando algo inesperado acontece.
	Q38	A organização que trabalho está preparada para responder quando algo inesperado acontece.
MONITORAR	Q39	Existem indicadores (quantitativos ou qualitativos) do que poderia ter um impacto na capacidade operacional das unidades?
	Q40	Os indicadores são confiáveis (isto é, os dados são apresentados corretamente e com precisão)?
	Q41	São bem conhecidas / definidas as situações usuais que podem levar a problemas?
	Q42	A capacidade de monitorar é suficiente?
	Q43	Dentro da minha equipe, nos conhecemos e sabemos exatamente o que esperar um do outro.
	Q44	Costumo compartilhar informações relevantes com meus colegas por minha própria iniciativa.
	Q45	Trocamos ideias quando temos diferentes compreensões sobre o que está acontecendo, para chegarmos a uma consciência situacional compartilhada.
	Q46	Não hesito em falar abertamente, quando penso de modo diferente dos meus colegas, sobre a solução proposta para a ocorrência inesperada.
	Q47	A organização é capaz de detectar mudanças nas condições de trabalho que possam afetar sua capacidade realizar operações atuais ou pretendidas?
ANTECIPAR	Q48	Há rotinas e indicadores periódicos (semanal, mensal etc.) sendo feito para avaliar futuras ameaças e oportunidades?
	Q49	As futuras ameaças e oportunidade são bem definidas e disseminadas para todos os funcionários?
	Q50	A cultura organizacional dessa unidade valoriza a segurança?
	Q51	A antecipação de possíveis eventos indesejados durante a execução de manobras é eficaz?
	Q52	Há antecipação, em detalhes, de possíveis cenários indesejados que podem ocorrer nos próximos meses ou ano?
	Q53	Posso avaliar uma situação de risco e agir com o objetivo de causar o menor impacto possível aos meus clientes (agentes).
	Q54	A antecipação é uma preocupação estratégica de minha atividade (trabalho)?
	Q55	A organização em que trabalho está preparada para antecipar ocorrências de atividades em tempo real?
APRENDER	Q56	Está claramente estabelecido o que deve ser relatado nos RDO (Relatório Diário de Operação)?
	Q57	Os relatórios enviados são investigados adequadamente?
	Q58	O tempo desde a apresentação de um relatório até que o relator receba feedback é aceitável?
	Q59	Os funcionários foram treinados sobre como redigir os RDO para uma melhor compreensão?
	Q60	Existem recursos (dados, informações, pessoal) suficientes para escrever relatórios?
	Q61	Os funcionários são motivados a escrever nos relatórios todas as anomalias vivenciadas no plantão?
	Q62	Relatórios anteriores de outras unidades são disponíveis para estudo e conclusões?
	Q63	As lições são aprendidas com as coisas que dão certo?
	Q64	As lições são aprendidas com as coisas que dão errado?
	Q65	Você compartilha informações e aprendizado com pessoal de outras unidades?
	Q66	Se ocorrer uma situação irregular/inesperada, minha equipe discute explicitamente como foi realizada a alocação de tarefas e responsabilidades.
	Q67	Quando algo quase dá errado (quase-acidente/near miss), minha equipe vê isso como uma falha que precisamos resolver.
Q68	Procuo revisar regularmente os métodos de trabalho depois de um quase incidente.	
Q69	Relato meus erros mesmo quando ninguém os notou.	
Q70	A equipe faz uso de oportunidades formais e informais para aprender com o que aconteceu no passado?	

Fonte: Autor

As entrevistas utilizadas são classificadas como semi-estruturadas pois podem ser definidas como uma lista das informações que se deseja de cada entrevistado, mas a forma de perguntar (a estrutura da pergunta) e a ordem em que as questões são feitas variam de acordo com as características de cada entrevistado. Geralmente, as entrevistas semi-estruturadas baseiam-se em um roteiro constituído de “[...] uma série de perguntas abertas, feitas verbalmente em uma ordem prevista” (LAVILLE; DIONNE, 1999, p.188), apoiadas no quadro teórico, nos objetivos e nas hipóteses da pesquisa. Os profissionais foram convidados a descrever sua rotina diária e treinamentos realizados para o desempenho de suas atividades. Perguntas como: “Comente sobre as atividades que você desenvolve?”, “Você segue algum procedimento?”, “Eles são seguidos à risca ou você precisa fazer algumas adaptações?”, “Você poderia dar um exemplo de alguma situação vivenciada?”. Isso produziu informações úteis para a caracterização do sistema, a compreensão do trabalho realizado e a elaboração dos modelos FRAM. Conforme Clarke (2005) as entrevistas foram consideradas suficiente, uma vez que os achados referentes às características gerais do sistema tornaram-se repetitivos com novas entrevistas. O perfil dos entrevistados está descrito na tabela 9:

Tabela 9 - Perfil dos entrevistados

<b>SETOR</b>	<b>CARGO</b>	<b>EXPERIÊNCIA</b>	<b>FAIXA ETÁRIA</b>	<b>DURAÇÃO DA ENTREVISTA</b>
Pré-Operação	Engenheiro	+ de 10 anos	+ de 35 anos	1H, 26min,40seg
Pré-Operação	Engenheiro	- que 10 anos	+ de 35 anos	3H, 12 min, 10seg
Pré-Operação	Engenheiro	+ de 10 anos	+ de 35 anos	45 min, 08 seg
Meteorologia	Engenheiro	- que 10 anos	Menor de 35 anos	45 min, 32 seg.
Meteorologia	Engenheiro	+ de 10 anos	+ de 35 anos	14min, 8seg.
Hidrologia	Engenheiro	+ de 10 anos	+ de 35 anos	14min, 8seg.
Op. Tempo Real	Engenheiro	- que 10 anos	Menor de 35 anos	57min e 13 seg
Op. Tempo Real	Engenheiro	+ de 10 anos	+ de 35 anos	2H, 11min, 01seg.
Op. Tempo Real	Engenheiro	+ de 10 anos	+ de 35 anos	32 min, 50 seg
Pós Operação	Engenheiro	+ de 10 anos	+ de 35 anos	54min, 10s
Pós Operação	Engenheiro	- que 10 anos	Menor de 35 anos	1H, 32min, 56 seg.
Pós Operação	Engenheiro	- que 10 anos	Menor de 35 anos	54min, 10s

Fonte: Autor

Para desenvolvimento do FRAM para a análise do trabalho como realizado, seguiu-se os seguintes passos:

i – Nas entrevistas com os especialistas procurou-se a compreensão no nível mais detalhado possível de como a atividade desempenhada por seu setor é realizada no dia a dia;

- ii – Após, identificou-se as funções que são essenciais para que o COS possa desempenhar suas atividades;
- iii – Descrição das funções de todas as etapas de acordo com seus seis aspectos recomendados por Hollnagel (2012) utilizando o FRAM Model Visualize: Entrada, Saída, Pré-condição, Recurso, Tempo e Controle;
- iv – Com as funções todas preenchidas com os dados disponibilizados, realiza-se uma análise da variabilidade potencial das saídas (resultados) de cada função;
- v – Analisa-se a variabilidade agregada gerada pelo acoplamento da saída de função alimentando algum aspecto da função a jusante ou a montante, tendo como base as três etapas pesquisadas no processo de funcionamento do COS (Pré-operação, Operação em Tempo real e Pós operação).

Após a descrição da montagem da análise FRAM, verificou-se com os especialistas se o esquema desenvolvido e a análise concluída estavam condizentes com o trabalho desenvolvido pelos setores e após algumas observações e sugestões obteve-se o resultado final dessa etapa.

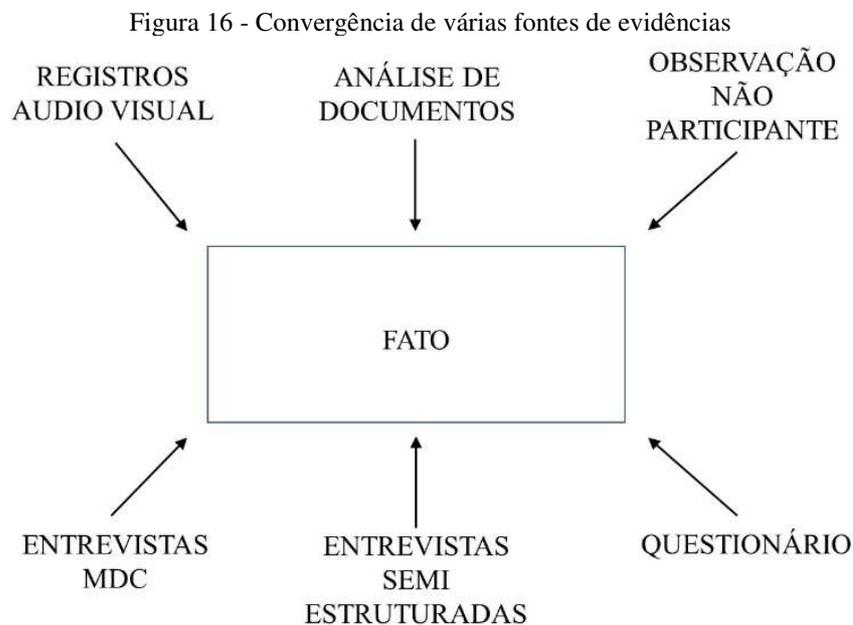
A análise da complexidade funcional foi a base para a análise e entendimento das lacunas existentes nos procedimentos operacionais e adotou-se como documento de avaliação nesta pesquisa, pelo nível da importância para a realização das atividades do COS, o MPO (Manual de Procedimentos de Operação).

Para o desenvolvimento de um modelo de trabalho real, usou-se o FRAM, considerando as seguintes atividades: Centro de Operações de Sistemas realizando as etapas de planejamento e execução do plano diário de operações do COS e a avaliação dos trabalhos (atividades) executados ao longo do processo.

Em um segundo momento, essa pesquisa utilizou o método da decisão crítica, CDM, desenvolvido com o objetivo de promover aprendizado através de incidentes específicos (CRANDALL et al., 2006). Este método enfoca a tomada de decisão em um momento crítico, possibilitando uma nova análise sobre o assunto (HOFFMAN, MILITELLO; 2008). O método da decisão crítica se baseia em técnicas de incidentes críticos, através da utilização de um conjunto de indagações para identificar os processos cognitivos utilizados para a avaliação da situação e da tomada de decisão durante um incidente. O entrevistado é desafiado a falar sobre uma situação de grande ansiedade que vivenciou, quais foram as medidas tomadas para a solução, se a solução atendeu o esperado e atitudes diferentes ou semelhantes que seriam utilizadas caso a ocorrência se repetisse.

As entrevistas foram analisadas utilizando a técnica de conteúdo proposta por Baldwin (1977), que permite a identificação de palavras, expressões ou sentenças cujo significado esteja relacionado com o objeto em estudo. Dessa forma busca-se na transcrição das entrevistas os trechos que estão associados as características de complexidade e os potenciais de resiliência.

Para Triviños (1987, p. 138), “a técnica de triangulação tem como propósito básico abranger a máxima amplitude na descrição, na explicação e na compreensão do objeto em estudo”. Segundo Yin (2001, p. 120), “a triangulação fundamenta-se na lógica de se utilizar várias fontes de evidências pois a utilização de várias fontes na coleta de dados é uma necessidade e, ao mesmo tempo, um ponto forte muito importante para análise do pesquisador”. A convergência das várias fontes de evidências utilizadas está esquematizada na figura 16.



Fonte: Autor

Para aumentar a confiabilidade das descobertas, pode-se utilizar alguma forma de triangulação, tal como o emprego de múltiplos respondentes para uma mesma questão ou o uso de múltiplos métodos de medição (por exemplo, qualitativos e quantitativos) (FORZA, 2002). Por um lado, sob a perspectiva de coleta dos dados, foi feita uma análise sobre a utilização de entrevistas, questionários, documentações, observações e sobre a utilização do processo de triangulação sobre as diferentes fontes de dados coletadas.

Na última etapa apresenta-se a lista de categorias do RAG para cada potencial, a geração dos gráficos de rede (teia de aranha) de cada potencial e de um em relação ao outro. Esta análise permitiu observações detalhadas, detectando quais categorias contribuem principalmente para

a resiliência global. A Tabela 10, a seguir representa as propostas do RAG conforme Hollnagel (2017) e as adaptações realizadas nesta pesquisa:

Tabela 10 - Critérios de RAG de Hollnagel (2015) e suas aplicações na pesquisa

Critério do RAG	Sim	Não	Adaptações
Desenvolver um conjunto personalizado de questões diagnósticas e formativas para a organização.	X		46 perguntas no total sendo 14 perguntas avaliando o potencial de Responder, 9 o de Monitorar, 8 o de Antecipar e 15 o potencial Aprender.
Aplique o RAG para as pessoas que realmente fazem o trabalho. Trabalhar para estabilização das partes interessadas	X		Questionário foi aplicado aos colaboradores que executam diretamente as atividades e os que atuam na programação e na avaliação do processo operatório.
Discuta as conclusões e onde as mudanças são necessárias	X		Discussão com todos envolvidos no processo de pesquisa
Designar ações corretivas para provocar mudanças. Medidas baseadas nos detalhes de cada potencial.	X		Após a interpretação dos questionários e sua validação com a equipe envolvida será proposto recomendações.
Usar o RAG a longo prazo para fazer avaliações do processo		X	Processo não implantado e de difícil aplicação sem ser funcionário da empresa avaliada.

Fonte: Autor

Para avaliação dos POP utilizou-se como documentos de pesquisa os procedimentos de redes<sup>6</sup>, que são documentos de caráter normativos elaborados pelo ONS com a participação dos agentes com aprovação da agência reguladora que é a ANEEL. Eles são aplicáveis em todo Sistema Interligado Nacional – SIN nas instalações da Rede de Operação que é formada pela Rede Básica, Rede Complementar, usinas e em pontos específicos de interesse do ONS nas demais instalações da Geração, Distribuição e de Transmissão não classificadas na Rede de Operação.

Os Procedimentos de Rede estabelecem as sistemáticas e os requisitos técnicos necessários ao exercício, no âmbito do SIN, das atribuições do ONS. Esses documentos estabelecem também as responsabilidades do ONS e dos agentes de operação na execução das atribuições do ONS. Eles são revisados com a participação dos Agentes e a sistemática de revisão envolve a realização inicial de workshops internos ao ONS, posteriormente são realizados workshops externos com a participação dos Agentes envolvendo a discussão das

<sup>6</sup> FILOSOFIA E LÓGICA DOS DOCUMENTOS OPERACIONAIS DO MPO, 2014, 17 páginas.

contribuições encaminhadas. Após estas etapas, o ONS consolida a versão a ser encaminhada à ANEEL que promoverá audiência pública para sua discussão, concluindo com a aprovação pela ANEEL da revisão. Excepcionalmente, devido a seu caráter operacional, os submódulos 10.18 a 10.22 não são submetidos à aprovação da ANEEL, sendo elaborados e aprovados pelo ONS, com a participação dos agentes de operação envolvidos e em estrita observância ao conteúdo dos Submódulos de 10.1 a 10.17 que em conjunto compor o módulo 10 que representa o MPO (Manual de Procedimentos operacionais).

### 3.3.3 ANÁLISE DOS DADOS

Utilizou-se o cálculo do alfa de Cronbach para avaliar a confiabilidade das respostas coletadas. Estatísticas descritivas, como médias, desvios-padrão, coeficientes de variação e variâncias, foram usadas para analisar os dados dos questionários, que produziram informações que foram usadas diretamente nas etapas 2 e 3. Para uma análise de relação entre as características de complexidade utilizou-se a técnica de correlação de Pearson para medir o grau de associação entre duas variáveis e dessa forma o nível de correlação das características de complexidade com os potenciais de resiliência. Finalizando utilizou-se a técnica de inferência estatística de nível de significância para identificar situações onde os resultados apresentados deveriam ter seus comentários descritos por apresentarem valores de relevância que precisam ser destacados.

A tabela 11 apresenta as informações pesquisadas e a técnica utilizada para obtenção dos dados qualitativos.

Tabela 11 - Categorias para Análise de Dados Qualitativos.

<b><i>CATEGORIAS DE ANÁLISE DE DADOS</i></b>	<b>INFORMAÇÕES PESQUISADAS NAS FONTES DE DADOS</b>	<b>ETAPAS DO FRAMEWORK</b>
Características do sistema sociotécnico.	Características dos subsistemas do sistema sociotécnico: organização técnica, social, de trabalho e ambiente externo	ETAPA 1
A caracterização funcional	Fluxogramas e mapas de processos, que ilustram as interconexões entre os estágios do processo.	ETAPA 1
Complexidade relativa	Entrevistas e questionários avaliativos sobre ferramentas de caracterização da complexidade	ETAPA 2
FRAM	Ações conduzidas por indivíduos, equipes ou pela organização, para produzir saídas requeridas das funções FRAM. Exemplos potenciais ou reais de variabilidade das saídas	ETAPA 2
Característica Estrutural	Evidências propostas por Saurin e Sosa (2013) para subsidiar a caracterização	ETAPA 2
Potenciais de resiliência	Avaliar as habilidades de resiliência da organização e de seus colaboradores conforme Hollnagel (2017)	ETAPA 3
RAG	Medir os efeitos das habilidades de Resiliência na Organização	ETAPA 3
Lacunas nos POP	Avaliação dos procedimentos e destacar lacunas existentes	ETAPA 3
Cruzamento dos dados	Realizar análise de estatística descritiva, significância. Análise dos dados qualitativos levantados. Confirmação das conclusões observadas junto aos especialistas e sua validação	ETAPA 4

Fonte: Autor

Em relação aos dados qualitativos como outras fontes de evidência, uma análise de conteúdo foi realizada com base nas categorias definidas antecipadamente. Conforme indicado na Tabela 11, essas categorias foram relacionadas aos passos 1, 2 e 3. Tanto os dados qualitativos quanto os quantitativos analisados nas etapas anteriores foram utilizados na etapa 4 e para as conclusões e recomendações da etapa 5. Ao analisar transcrições de entrevistas, diários de observações, anotações de reuniões e documentos, buscou-se trechos de texto (palavras e frases) relacionadas às categorias de análise de dados mencionadas na Tabela 11. Os dados qualitativos coletados na observação das atividades, nas entrevistas e no Questerview

serviram como base para a justificativa dos resultados encontrados na pesquisa quantitativa aplicada.

A avaliação das conclusões é baseada na análise da estatística descritiva dos dados, da análise de correlação e dos resultados que deram significativos. A leitura de dados textuais brutos retirado das gravações e observações, identificando trechos relevantes, exemplos mencionados pelos colaboradores, e agrupando exemplos de acordo com suas semelhanças foram feitas para alcançar os resultados apresentados neste trabalho. As respostas em que se obteve uma média muito alta ou muito baixa é verificado com os especialistas se aquela questão realmente expressou a realidade da situação. A triangulação dos dados foi feita comparando trechos de diferentes entrevistados e diferentes fontes de dados.

Analisa-se o método FRAM desenvolvido e a compatibilidade das funções com os potenciais de resiliência mais compatíveis ou associadas a elas. O método FRAM forneceu as funções humanas, tecnológicas e organizacionais e a variabilidade em relação ao tempo e precisão. Realizou-se a avaliação dos modelos de procedimento operacional para levantar as recomendações conforme a engenharia de resiliência utilizando uma proposta padrão.

Em relação aos dados qualitativos buscando outras fontes de evidência, uma análise de conteúdo é realizada com base nas categorias definidas antecipadamente e nas conversas transcritas nas entrevistas (BALDWIN, 1977). Tanto os dados qualitativos quanto os quantitativos analisados nas etapas anteriores são utilizados para evidências das conclusões. Ao analisar transcrições de entrevistas, diários de observações, anotações de reuniões e documentos, busca-se trechos de texto (palavras, frases ou insights). relacionadas às categorias de análise de dados em questão. Um trecho pode consistir em várias linhas de texto e estar associado a todas as categorias.

### 3.3.4 VALIDAÇÃO DOS RESULTADOS

Os resultados coletados após serem analisados foram apresentados aos colaboradores envolvidos no acompanhamento das atividades de pesquisa em campo. Foi realizada uma reunião geral com duração aproximada de 1,5 hora com pelo menos um membro de cada equipe que participou do levantamento de campo e apresentação dos resultados parciais obtidos através das informações das pesquisas quantitativas aplicadas aos entrevistados. Questionamentos que geraram dúvidas ao longo da análise puderam ser esclarecidos e chegar a aprovação final dos resultados apresentados sendo que a interpretação apresentada estava de acordo com a visão dos especialistas. Em um segundo momento foram apresentados os resultados parciais sobre

as conclusões sobre a análise qualitativa obtida através das entrevistas e análise documental. Os colaboradores fizeram uma avaliação geral do apresentado e deram suas recomendações finais sobre o objeto em estudo que foram a base para as conclusões finais dessa etapa.

### 3.4 AVALIAÇÃO DO FRAMEWORK

A avaliação do Framework precisa ser realizada, pois na DSR é necessário medir o comportamento do artefato na solução do problema de acordo com os critérios estabelecidos. Para isso é necessário comparar os resultados obtidos com os requisitos previamente definidos numa avaliação experimental real. As técnicas e ferramentas utilizadas comprovaram sua validação e utilidade para outros processos que possuam características sócio técnicas complexas semelhantes no que foi aplicado. A participação de profissionais com conhecimento no ambiente pesquisado é importante para que o resultado almejado seja alcançado. A lógica estrutural recomendada no framework é genérica e compatível com outras aplicações em sistemas semelhantes. A etapa 2 considera a análise de um pesquisador, mas nada impede que outras possam ser aplicadas. Na etapa 3 pela juventude do assunto, as recomendações utilizadas foram as mais recentes, mas futuramente surgirão novas propostas que poderão ser utilizadas ou readequadas ao processo.

A necessidade de adaptar o design genérico depende da extensão em que ele é impactado pelos componentes sociais (Van Aken et al, 2016). Nesse sentido, o processo de implantação da estrutura, por si só, não implica em mudanças significativas na organização social do sistema no qual ela é implementada. Na pesquisa de implantação, limitou-se a obter a colaboração dos funcionários para participar na coleta de dados (por exemplo, entrevistas) o RAG é um processo que precisa de um acompanhamento contínuo para ver o seu real impacto. Portanto, a implementação das medidas práticas envolverá componentes sociais numa maior extensão, mas essa análise vai além do escopo atual do artefato proposto.

Finalmente, a pesquisa também produziu algumas evidências da validade pragmática do framework, ou se a sua implementação produz resultados desejados (Van Aken et al, 2016). Pode-se fazer uma comparação e análise das relações entre os potenciais de resiliência e as características de complexidade. Avaliou-se a complexidade do SSTC pesquisado e a comprovação da eficácia da ferramenta RAG para medir os potenciais de resiliência.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 AVALIAÇÃO DA COMPLEXIDADE RELATIVA

Nessa seção, os resultados da avaliação da complexidade relativa serão apresentados para cada um dos quatro atributos adotados como base. Os resultados da pesquisa aplicada como base para as interpretações encontram-se no Apêndice B.

#### 4.1.1 GRANDE DIVERSIDADE DE ELEMENTOS

Essa característica apresentou uma  $M_g=79,8$  (média geral de caracterização de complexidade envolvendo todas as questões abordadas). As questões Q19, Q20 e Q21 avaliaram a percepção quanto a diversidade técnica, social e organizacional da empresa, respectivamente. A Q19 apresentou um valor ligeiramente maior comparada as demais questões pelo fato das situações abordadas serem mais presentes na pré-operação e no tempo real em relação a diversidade técnica, a tecnologia utilizada é atualizada e são feitos investimentos que garantam o aperfeiçoamento do processo visando sempre a qualidade e equilíbrio entre segurança e custo global da operação. Quanto a diversidade social há uma mescla de pessoas com mais de 30 anos de experiência (em torno de 20 % da equipe) com profissionais com apenas três anos (em torno de 10 a 15 % da equipe). Quanto ao gênero, as mulheres representam em torno de 20 por cento do quadro tanto de operadores quanto de engenheiros. Importante destacar que para o quadro de engenheiros a especialidade dominante é a elétrica, com mais de 80% dos profissionais, e praticamente todos possuem ênfase em sistemas elétricos. Para a função de operador exige-se apenas curso técnico em Eletrotécnica, mas a grande maioria possui formação superior em áreas distintas como Economia, Direito, Administração, Engenharia. Vale ressaltar que a empresa realiza periodicamente processo de Trainee<sup>7</sup> (nome dado ao cargo oferecido pelas empresas aos jovens que participam do programa de treinamento direcionado a recém-formados) tanto para o cargo de engenheiro quanto para o nível técnico operacional com duração de dois anos. Ao final do processo, o profissional pode ser aproveitado na própria empresa ou pelo nível de preparação que ele recebe, sendo normalmente absorvido por empresas do setor, pois existem dificuldades em encontrar profissionais com esse conhecimento no mercado. Quanto à diversidade organizacional, a empresa é comandada por um diretor geral presidente, a estrutura operacional possui uma diretoria de operação que tem

---

<sup>7</sup><http://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/como-funciona-um-programa-de-trainee.7e0db85844cb5510VgnVCM1000004c00210aRCRD> em 10/10/2018.

um gerente geral por região (Sul, Sudeste, Nordeste e Norte Centro oeste) e cada uma das etapas (pré-operação, operação em tempo real e pós operação) possui seu próprio gerente e equipes de engenheiros e operadores ligados exclusivamente para o tempo real, possui ainda a figura do supervisor de turno no comando das equipes de tempo real. Os horários de trabalho, para os cargos administrativos, são de 40 horas semanais (09:00 às 18:00) com intervalo para almoço. Para a operação em tempo real existem três escalas de trabalho de 8 horas diárias sendo: 06:30 às 14:30, 14:30 às 22:30 e 22:30 às 06:30 onde cada equipe de operação trabalha dois dias em cada escala de forma sequencial e ao final da sexta jornada cumprida tem direito a quatro dias de folga.

Exemplos que ilustram a presença dessa característica de complexidade foram obtidos por meio das entrevistas. Na questão Q19 (Existe muita diversidade técnica no meu ambiente de trabalho) o engenheiro 1 justificou dizendo:

“A rotatividade dos turnos e nas funções diárias são para que os operadores possam atuar todos os dias das semanas em diferentes horários de consumo, dessa forma lidando com as mais variadas situações possíveis.”

Sobre a questão Q20 (O meu ambiente de trabalho apresenta muita diversidade social) o Supervisor 1 destacou:

“temos aqui funcionários com mais de 30 anos de experiência, sendo 20 dentro da empresa, e outros que são menos experientes, mas que passaram pelo programa de trainee antes de serem admitidos. Temos também a presença feminina em nosso quadro de operadores, e interessante que uma delas encontrava-se em estado de gravidez.”

Sobre a Q21 (Existe em meu ambiente de trabalho muita diversidade organizacional) o engenheiro 3 utilizou a seguinte explicação que vale ressaltar:

“Cada equipe possui seu gerente (gestor), os gestores possuem um GE (Gerente Executivo) que está ligado a diretoria operacional. A equipe de tempo real é composta de cinco engenheiros, sendo três da equipe fixa, um da pré-operação e um da pós operação para cumprirem a rotatividade do plantão de escalas. Quando os trabalhadores das outras equipes estão no pronto atendimento (plantão) das atividades em tempo real, para não haver distorções de hierarquia, eles passam a partir desses momentos, a qualquer necessidade e transmissão de informações serem reportadas diretamente ao GE, que tomará as providências necessárias para evitar um conflito na hierarquia gerencial. Ao sair do plantão eu retorno para minhas atividades do meu setor e volto a responder ao meu gerente de setor. O ONS tem escritórios espalhados pelo Brasil, o central fica no Rio de Janeiro (COSR-SE) e também há representantes em Recife (COSR-NE), Brasília (CNOS/COSR-NCO) e Florianópolis (COSR-S). Os membros do órgão podem ser associados ou participantes. O primeiro grupo é integrado por agentes de geração (usinas), agentes de transmissão e agentes de distribuição de energia elétrica integrantes do SIN, entre outros. O segundo, pelo Ministério de Minas e Energia e pelos conselhos de consumidores e pequenos distribuidores (abaixo de 500 GWh/ano). A diretoria do ONS é composta por cinco integrantes (Presidente, Operacional, TI (Tecnologia e Informação), Planejamento e Assuntos Corporativos) que ocupam os cargos durante quatro anos com direito a apenas um segundo mandato de mais quatro anos. Três dos diretores, entre eles o diretor geral, são indicados pelo Ministério de Minas e Energia, enquanto os outros dois são indicados pelas empresas associadas.”

#### 4.1.2 GRANDE NÚMERO DE ELEMENTOS QUE INTERAGEM DE FORMA DINÂMICA

Os resultados do questionário, apresentaram valores superiores a 55 em todas as questões para os setores analisados relacionados a *grande número de elementos que interagem de forma dinâmica* e a sua  $M_g$  foi de 81.9, para essa característica. Os coeficientes de variação apresentaram uma diversificação, isso se justifica, pois, alguns setores (tempo real e pré-operação) estão mais relacionados com o objeto em análise e por consequência, estão mais correlacionados no pensamento. A representação do cargo ocupado representa isso com maior clareza, pois os operadores trabalham no setor de tempo real e, portanto, a presença dessa característica é mais forte quando comparada aos engenheiros que não atuam diretamente com as atividades de monitoramento instantâneo com exceção dos que atuam no setor de tempo real. A maioria dos engenheiros desenvolve suas atividades na pré-operação e pós operação isso justifica a variação nas respostas.

Os resultados do questionário apresentaram valores superiores a 55 em todas as questões, sendo a  $M_g$  para os setores analisados relacionados a *grande número de elementos que interagem de forma dinâmica* e a média geral ficou em torno de 82 para essa característica. Os coeficientes de variação apresentaram uma diversificação, isso se justifica, pois, alguns setores (tempo real e pré-operação) estão mais relacionados com o objeto em análise. A representação do cargo ocupado representa isso com maior clareza, pois os operadores trabalham no setor de tempo real e, portanto, a presença dessa característica é mais forte quando comparada aos engenheiros que não atuam diretamente com as atividades de monitoramento instantâneo com exceção dos que atuam no setor de tempo real. A maioria dos engenheiros desenvolve suas atividades na pré-operação e pós operação isso justifica a variação nas respostas.

Exemplos que ilustram a presença dessas características foram obtidos por meio das entrevistas. Na questão Q1 (As atividades realizadas são dinâmicas, mudando com o passar do tempo) o engenheiro 1 justificou dizendo: *“cada dia é um dia, por exemplo se um equipamento fica inoperante e ocorre de ser num momento no qual a carga é mais baixa ou coincide de ser um feriado o impacto do problema é menor, caso contrário o transtorno pode ser imensurável.”* Ele ainda afirmou:

“à tecnologia é essencial para o funcionamento do sistema e a carga de trabalho é muito dependente da normalidade da operação. A conversa e as informações repassadas pelos agentes são essenciais para a tomada de decisão e tudo que é falado ou acordado por telefone na sala de operação fica registrado e gravado em um computador central para futuras averiguações.”

As gravações permitem monitorar tanto o tempo de execução de uma ação quanto as próprias “falhas”, o engenheiro 5 destaca:

“As gravações servem como averiguação de diversas situações, como por exemplo, verificar se o que foi acordado entre agente e ONS foi executado, confirmar se uma solicitação do agente de restabelecimento do sistema foi cumprida no horário solicitado, pois eles recebem suas punições por todo período de desligamento e 1 minuto de indisponibilidade pode gerar um prejuízo de milhões de reais para o agente.” .

Além disso, conforme mencionado pelo Operador 6: *“por mais experiência que o trabalhador tenha, por mais próximo do perfil ideal que ele esteja, ainda assim. Nenhuma situação, nenhuma ocorrência é igual à outra.”*. Ou ainda, conforme mencionado pelo operador 8: *“Na energia elétrica, nunca um defeito é igual ao outro. Você tem uma base que te dá sustentação, uma coisa que pode acontecer, semelhante àquilo ali. Nunca é igual. Nesse ponto, não tem rotina”*.

Para ilustrar a presença da questão Q6 (Existe um grande número de elementos interagindo na execução das atividades.) o engenheiro 1 mencionou que:

“o COS está em contato com todos os agentes interligados e existe uma vasta quantidade de equipamentos que possibilitam a execução das atividades de geração e transmissão de energia. Todos os agentes são gerenciados pelo COS que utiliza um documento conhecido como MPO (Manual de Procedimentos de Operação) que deve ser respeitado e serve como base para o controle de todo o sistema operacional.”

A questão Q7 (A minha carga de trabalho varia muito em função da hora do dia, dia da semana, estação do ano ou em função de eventos externos (p. ex.: acidentes, catástrofes, clima).

O engenheiro 2 entrevistado mencionou que:

“certas horas do dia são cruciais, pois requerem uma atenção especial devido ao elevado consumo sendo o pior momento concentrado no horário vespertino. Logicamente para cada estação do ano, o nível de consumo energético está associado, e quando acontece eventos externos é uma situação de grande estresse, numa situação aconteceu um ciclone no estado de São Paulo que gerou a necessidade emergencial de desligamento de 14 (quatorze) linhas de transmissão, o impacto em toda a rede foi significante.”

O engenheiro 3, destacou que:

“embora domingo seja um dia de consumo reduzido, é o momento no qual a ONS permite as intervenções de manutenção e tem todo o processo de atendimento ao longo do dia e no final das manutenções o religamento das linhas e conseguir a estabilidade do sistema.”

A questão Q11 (As atividades apresentam vários parâmetros de controle (p.ex.: número de consumidores, número de equipes, quantidade e tipos de carga afetada, tempo de atendimento) sendo que estes parâmetros possuem relação entre si.) apresentou uma média geral  $M_{11} = 89,1$ . A percepção pode ser ilustrada pela colocação do Engenheiro 2:

“Para atender mais consumidores, é necessário a geração de mais energia, as linhas de transmissão têm uma capacidade máxima de operação, portanto se a necessidade de consumo for maior, teremos mais linhas e conseqüentemente mais agentes envolvidos. O tempo de atendimento é limitado a três minutos quando acontece uma ocorrência, a partir deste prazo existem penalidades severas para os agentes que são responsáveis pelos equipamentos que ficaram inoperantes.”

O supervisor 02 relatou que: “*apesar do próprio sistema já priorizar alguns atendimentos, por meio de uma hierarquia de eventos, o trabalhador (operador) precisa estar atento para os locais e quantidades de consumidores onde há algo a ser resolvido.*” Essa preocupação está diretamente relacionada com os indicadores de desempenho impostos pela ANEEL. Ele afirma:

“[...] ele tá com o sistema todo, milhares de equipamentos, dezenas de instalações na mão dele e frequentemente, ele é chamado a decidir coisas [...]”.

O engenheiro 3 comentou:

“Quanto ao tempo de atendimento e solução da ocorrência, os agentes tem um tempo de 3 minutos para recomparam o equipamento desativado sem gerar uma punição, os operadores de monitoramento do ONS ao visualizarem uma ocorrência que precisam interferir, por exemplo se perdermos uma carga e fizermos a avaliação, análise e recompô-la em 5 (cinco) minutos, certamente vão questionar o porquê de não ter feito em 3 (três) ou até mesmo 2 (dois) minutos.”

A questão Q15 (As atividades que realizo são muito inter-relacionadas com as atividades de meus colegas) apresentou uma média geral ( $M_{15} = 83$ ). Para ilustrar essa situação o engenheiro 1 mencionou a seguinte situação:

“Um agente tem um desligamento de um equipamento, cria a situação de corte de energia de um distribuidor e essa energia que seria consumida não poderá ser gerada por outro agente, o elo de comunicação é o COS que comunica com todos agentes envolvidos e precisam falar numa mesma língua”.

Figura 17 - Resultados da Característica de complexidade “Grande número de elementos que interagem de forma dinâmica” para setor de trabalho e cargo na empresa.

Grande número de elementos que interagem de forma dinâmica						
		Q1	Q6	Q7	Q11	Q15
<b>Setor de Trabalho</b>	Pré-Operação	10	10	10	10	10
	Tempo Real	25	25	25	25	25
	Pós Operação	11	11	11	11	11
	Desvio Pré	21,3	30,5	35,5	18,5	30,3
	Desvio Tempo Real	16,8	8,8	24,2	14,0	8,2
	Desvio Pós	20,0	16,5	26,0	29,3	35,5
	Média Pré	79,2	72,3	68,0	86,1	71,8
	Media Tempo real	87,3	94,6	85,0	90,8	94,0
	Media Pós Operação	61,8	87,7	55,0	70,4	68,5
<b>Cargo na empresa</b>	Operador	21	21	21	21	21
	Engenheiro	25	25	25	25	25
	Desvio Oper	18,3	7,6	24,6	15,1	8,6
	Desvio Engen	21,1	23,1	28,9	23,9	30,4
	Média Operador	87,2	96,1	87,9	90,7	95,0
	Media Engenh.	72,9	81,3	62,6	80,0	73,0

Fonte: Autor

Em relação a essa característica, as maiores diferenças significativas observadas utilizando como base os resultados para setor de trabalho e cargo na empresa conforme demonstrado na figura 17 foram: Os resultados comprovaram que para os funcionários da atividade de tempo real onde são locados todos os operadores, as atividades realizadas são dinâmicas (Q1), mudando com o passar do tempo comparado aos demais setores. Para eles o

número de elementos (Q6) interagindo com o sistema é maior, pois eles lidam diretamente com os agentes; assim como a carga de trabalho varia muito em função do momento e de eventos externos (Q7). Novamente por interagirem diretamente com os agentes eles consideram que suas atividades são muito relacionadas com a dos colegas que eles atendem (Q15). Por outro lado, a equipe de pós operação considera que suas atividades não apresentam muitas variáveis de controle (Q11), fato associado ao desempenho desse tipo de trabalho que se concentra na apuração da transmissão e análise de ocorrências geradas ao longo da operação, portanto são atividades que avaliam o que aconteceu.

#### 4.1.3 VARIABILIDADE INESPERADA

As questões Q2, Q3 e Q4 apresentam médias baixas ( $M_2= 37,6$ ;  $M_3= 19,4$ ;  $M_4= 18,4$ ) e elevados coeficientes de variação. A justificativa informada pelos engenheiros entrevistados na avaliação do questionário para essas médias tão baixas, foi um provável não entendimento do objetivo central das perguntas. Para ilustrar o engenheiro 1 mencionou:

“todas informações que eles recebem são repassadas pelos agentes, que podem até passar informações que não são verdadeiras, por exemplo, ele não quer ligar um gerador e argumenta que o gerador não está funcionando. O agente julga que o período de abastecimento necessário não gerará um retorno significativo, por exemplo, o custo da operação será maior que o lucro gerado.

Quanto ao objetivo:

“Os operadores sabem onde tem que chegar, pode ocorrer problemas e não conseguirem no primeiro momento, mas ele sabe seu objetivo final da operação para resolver a ocorrência. Toda a equipe recebe um treinamento rigoroso com reciclagem periódica e pode acontecer do resultado almejado não ser obtido, mas a metodologia para o seu desenvolvimento é conhecida, portanto não é incerto. Os métodos de execução e regras de operação devem obedecer ao previsto no MPO, portanto existem procedimentos a serem seguidos, mas podem ocorrer situações que não foram previstas, isso pode gerar algum problema.”

O engenheiro 2 esclareceu que:

” As decisões devem ser tomadas com o maior embasamento possível. Nunca se sabe o que irá acontecer na próxima hora, mas pode-se realizar uma estimativa do que está acontecendo a incerteza, estaria associada a uma perturbação inesperada e abalar o sistema.”

A questão Q5 (São comuns as situações em que uma decisão ou ação amplifica um problema, criando uma bola de neve ou um círculo vicioso.) foi ilustrada pelo relato do engenheiro 2:

“Uma manobra errada, pode impactar até mesmo todo SIN. Às vezes você possui uma condição diferente do previsto e pela análise inicial, deduz-se que o desligamento não acarreta nenhum problema de sobrecarga, como existem muitas variáveis envolvidas e devido a isso pode acontecer uma sobrecarga e causar um problema no sistema”.

A questão Q9 (É comum que eu use fontes de informação indiretas para a execução das minhas atividades (p. ex.: ao invés de eu verificar a situação in loco, eu preciso confiar em informações de colegas de trabalho ou de agentes externos como consumidores, por exemplo). Apresentou um valor médio entre os entrevistados ( $M_9=69,7$ ), mas o engenheiro 3 exemplificou que:

“ele depende das informações dos agentes. Se ele relata que não tem como executar a manobra, mas na realidade ele não quer, eu não posso afirmar que ele realmente não quer fazer, eu considero que ele não pode realizar. Algumas informações são relatadas e o meu sistema supervisor de controle apresenta a veracidade dos fatos, porém algumas situações como estado do equipamento são exclusivas dos agentes. O que nos tranquiliza é que se o agente informar uma orientação errada e eu utilizar isso como base para minha decisão ele sofrerá as punições legais pela ação.”

A questão Q10 (Situações imprevistas ocorrem com frequência durante a realização das minhas atividades.) é percebida com maior destaque pelo tempo real, pois acontecem desligamentos automáticos da proteção elétrica que somente eles acompanham, que podem ser de baixo a elevado impacto. O engenheiro 3 relata a seguinte situação:

“o sistema elétrico como um todo foi projetado para suportar o (N-1). Na realidade as contingências em sistemas elétricos são muito comuns, e normalmente estão relacionadas a desligamentos de equipamentos para manutenção (intervenções). No caso do SIN, deve-se atender a um critério chamado N-1, no qual o sistema deve suportar contingências simples sem prejuízo ao atendimento de consumidores da rede. Para isso, se for constatada a possibilidade de contingência, os fluxos de potência dos equipamentos envolvidos devem ser controlados em tempo real para que, em caso de contingência, não haja sobrecarga de qualquer equipamento da rede. O Organon auxilia muito o processo de controle, pois, quando o ponto de controle encontra-se na região verde, significa que tudo está certo, quando o ponto de avaliação está no amarelo indica que a perda de um equipamento gerará a perda de um equipamento vai ocasionar uma sobrecarga inadmissível em algum ponto da rede, ou seja é o estado de alerta, a região vermelha representa a geração de alguma ocorrência que precisará ser resolvida.”

A questão Q12 (As relações de causa e efeito entre minhas ações/decisões e seus resultados são vagas e imprecisas), Q13 e Q14 são relatadas pelo engenheiro 2:

“os resultados normalmente são previstos, o que pode acontecer é se a leitura de uma grandeza elétrica estiver incorreta, aí pode acontecer um grande problema associado a propagação dessa informação, mas isso é raro. Um pequeno erro pode causar um grande problema, um diagnóstico equivocado pode causar uma falha geral até em todo SIN. Importante destacar que sempre que uma decisão que pode ter um grande impacto for tomada ela sempre deverá ser tomada em conjunto ou com ordens de superiores.”

O engenheiro 3 destacou que:

“Tudo que fazemos e decidimos na operação temos que ser capaz de justificar, não podem existir resultados não previsíveis. Só se for repassada uma informação errada pelos agentes, e tomarmos nossas decisões em cima dessa informação, mas possuímos o nosso grau de confiança da informação, por exemplo, eu posso buscar informações do entorno da ocorrência, porém quando é repassado a informação de algo que não temos acesso e visão, aí não tem jeito precisamos confiar e pode gerar uma falha de maior proporção, reitero mais uma vez a importância da gravação das conversas que servirão para a pós operação realizar a análise da ocorrência ou perturbação propagada.”

A Questão Q16 (O ambiente externo (p. ex.: políticas de governo, atos da população, condições climáticas, greves) tem grande influência nas minhas atividades.) apresentou uma média geral alta ( $M_{16}=74,8$ ) e uma variação pequena entre os entrevistados. Para ilustrar o engenheiro 1 afirmou que:

“À influência externa é consideravelmente alta. Eventos como Copa do mundo, final de novela, mudança de tempo, podem causar grandes transtornos ao sistema. Uma situação interessante compartilhada foi a necessidade de desligar uma linha para um reparo de manutenção, mas comprometeria o abastecimento de uma região que tinha um presídio interligado à rede, e estava ocorrendo uma rebelião no momento. As autoridades foram consultadas e foi decidido que embora de caráter urgente a manutenção não deveria ser realizada pois os líderes do movimento poderiam entender como uma forma de retaliação. Outra situação lembrada que num ato sindical paralisou as atividades de toda uma equipe e um trabalho de manutenção deixou de ser concluído dentro do prazo esperado.”

Figura 18 - Resultados da Característica de complexidade “Variabilidade Inesperada” para setor de trabalho, cargo na empresa e faixa etária.

VARIABILIDADE INESPERADA											
	Q2	Q3	Q4	Q5	Q9	Q10	Q12	Q13	Q14	Q16	
<b>Setor de Trabalho</b>	Pré-Operação	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	Tempo Real	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	Pós Operação	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
	Desvio Pré	31,6	37,3	27,6	15,2	34,8	28,2	10,5	27,8	30,2	25,3
	Desvio Tempo Real	36,9	33,0	26,6	35,4	32,5	26,5	21,9	14,3	34,0	27,9
	Desvio Pós	35,6	23,7	31,3	35,2	17,5	32,8	8,0	27,0	31,7	22,4
	Média Pré	25,5	31,0	16,7	11,5	55,9	41,2	7,2	82,9	59,6	75,1
	Media Tempo real	43,6	19,1	15,0	28,6	69,4	74,4	13,9	88,1	53,6	73,4
	Media Pós Operação	35,0	9,6	27,7	34,2	82,8	44,6	4,2	74,7	46,3	78,0
	<b>Cargo na empresa</b>	Operador	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Engenheiro		25	25	25	25	25	25	25	25	25	
Desvio Oper		36,9	30,8	24,9	37,3	32,7	24,9	23,6	14,1	32,8	28,7
Desvio Engen		35,2	33,8	29,7	28,0	30,0	30,1	8,5	25,1	31,3	23,4
Média Operador		37,6	16,8	12,6	31,0	71,0	77,6	15,6	89,9	59,7	74,5
Media Engenh.		37,6	21,6	23,3	22,2	68,6	45,3	5,5	78,6	47,6	75,2
<b>Faixa Etária</b>	Menor de 35 anos	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
	Maior de 35 anos	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
	Desvio Menor que 35	36,8	30,7	29,3	33,2	30,9	29,3	22,1	18,0	29,7	22,0
	Desvio Maior que 35	34,7	34,6	26,5	32,4	31,8	34,9	6,8	25,6	35,3	30,1
	Média Menor que 25	39,2	17,2	19,9	27,8	68,7	65,0	14,0	83,4	57,5	77,0
	Media Maior que 35	35,6	22,4	16,4	24,2	71,1	53,6	5,1	84,3	47,5	72,0

Fonte:Autor

Em relação a esse constructo, as maiores diferenças observadas utilizando como base os resultados para setor de trabalho, cargo, faixa etária conforme apresentado na figura 18 foram: os resultados comprovaram que a equipe de pré-operação está exposta a situações ou decisões que amplificam um problema (Q5), porém, quando comparada aos demais setores, existe um grande número de elementos envolvidos, que viabilizam uma correção preliminar. A equipe de pós operação considera que usa mais informações indiretas (Q9) para a tomada de suas decisões, fato característico da função de análise do RDO. As situações imprevistas acontecem mais rotineiramente nas atividades em tempo real, principalmente com os operadores; eles consideram ser mais relevantes as relações causa/efeito (Q12) pela consequência de uma falha em sua atividade, porém discordam que os resultados sejam vagos e imprecisos, pois sabem o

que tem que fazer e onde chegar. Finalizando o impacto de ações externas são mais percebidas pela equipe de tempo real por estarem atuando no instante desse tipo de ocorrência; a variabilidade de algumas atividades é alta devido a características particulares de cada uma delas, deve-se buscar soluções para tentar diminuí-la quando possível.

#### 4.1.4 RESILIÊNCIA

Com objetivo de avaliar a característica de resiliência, apresentou-se quatro questões. Na questão sobre autonomia, (Q8), os entrevistados relataram que possuem para a realização de suas atividades. A média dos operadores foi de 63 e dos engenheiros 77,2 e houve uma baixa variabilidade. A avaliação maior é justificada pelo nível superior do cargo, embora o operador também possua autonomia nas suas funções. O profissional precisa de autonomia para realizar suas atividades, pois os problemas são instantâneos e ele precisa em determinadas situações avaliar e resolver trazendo o menor transtorno possível, mas nem sempre isso é possível. O operador 10 descreveu a seguinte situação:

“A experiência também proporciona ao trabalhador a percepção de que, quando certos tipos de alarmes, considerados simples, disparam muitas vezes no turno de trabalho, em uma dada região, é possível que ocorra alguma perturbação no sistema de energia. Essa possibilidade o leva a investigar o que está acontecendo, realmente naquele local – o que não consta em nenhum manual – num ato de antecipação”.

Perguntado sobre o que o leva a tomar esse tipo de decisão, o Operador 11 responde: “É a minha experiência, pois isso pode indicar que algo de dimensões maiores está por acontecer”.

Um outro engenheiro relatou:

“cada um conhece e sabe a sua autonomia, precisa saber, até mesmo um gerente executivo precisa consultar ao seu superior, no caso Diretor de Operação, pois a consequência da ação pode ter um grande impacto no sistema e na sociedade. Uma situação extrema, pode ser solicitado contato com o diretor Presidente da ONS, com o ministro de minas e energia e se necessário até o Presidente da república.”

Interessante mencionar a fala dos operadores sobre autonomia e responsabilidade:

“[...] tem de ser tranquilo, ter sangue frio” (Operador 10); “[...] ele não pode entrar em pânico quando..., quando tumultua”. (Operador 6); “[...] uma pessoa que tenha, digamos, um grau de calma e de consistência técnica pra refletir no meio do caos. Se estiver ocorrendo uma emergência, ele não pode desesperar” (Operador 4); “Tem que saber trabalhar sob pressão, ter um controle emocional fora dos padrões humanos”. (Operador 8)

A Questão Q17, relata sobre as folgas. O engenheiro 3 relatou que:

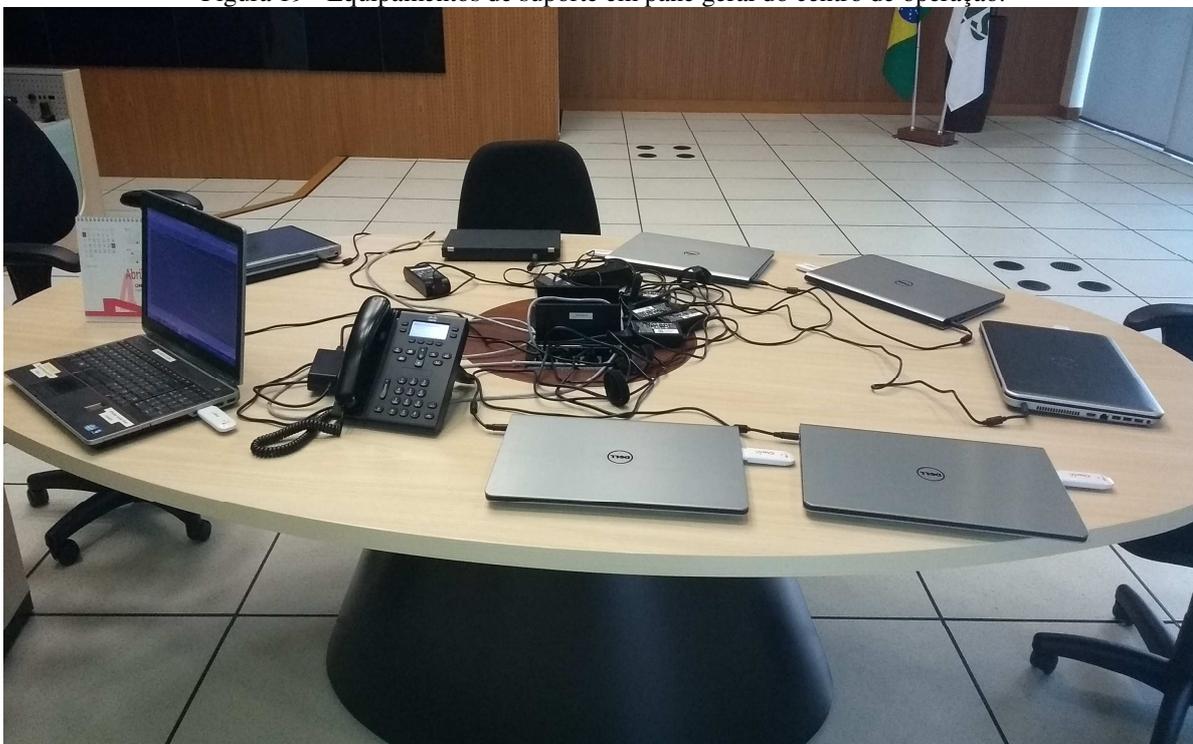
“isso é muito complicado. Depende do tamanho do problema e de onde você está. O sistema trabalha na maioria do tempo no “N-1”, ou seja, com um equipamento ou linha de reserva, mas não existe no SIN linhas de transmissão standby disponíveis para todo o sistema. Para se ter uma noção, o reservatório da região Norte é elevado no primeiro semestre do ano e consequentemente tem alta capacidade de geração podendo levar energia do Norte para o Sudeste por exemplo. Na Região Sul o reservatório é meio instável ao longo do ano e no Nordeste sempre é baixo. No

segundo semestre é o período seco da região norte e ao invés de enviar ele precisa de receber energia. Folga na realização das atividades é muito complicado, mas quando a situação é relevante em algum ponto todos que podem, se concentram no encontro da solução que teve ser sempre o mais rápido possível.”

Isso representa uma característica de folgas dinâmicas, que precisam ser compartilhadas entre as partes do sistema. Por outro lado, quando se avalia o COS em si, ele é altamente protegido e com folgas relevantes. O sistema de comunicação utiliza uma rede de dados independentes que possui uma alimentação por uma linha de fibra óptica, sendo que possui ainda um ramal de comunicação em standby para suprir em causa de falha na rede principal. A rede de controle operacional é isolada da rede corporativa o que fornece uma garantia maior de controle contra-ataques cibernéticos. O sistema de alimentação elétrico do prédio de operações no Rio de Janeiro conta com uma alimentação principal ligada a distribuidora de energia da região (LIGHT) e também com uma linha (ramal) exclusivo alternativo. Caso falhem ambas, as instalações contam com dois geradores a diesel para alimentação do fornecimento sendo necessário apenas um para o suprimento. Um terceiro diesel gerador alimenta toda parte corporativa independente e, caso os dois primeiros tornem-se inoperantes existe a possibilidade de desligar a parte corporativa e alimentar a área operacional. Todo o sistema é telecomandado sendo possível que uma região inoperante, possa ser totalmente controlada por outro centro de controle localizado em outra região. Existe ainda uma sala para treinamento operacional, sendo que uma equipe de outra região tem a possibilidade de caso aconteça a indisponibilidade do Centro de Operação a qual pertence, tenha capacidade de controlá-lo de forma remota neste ambiente, bastando fazer o deslocamento dos operadores do COS comprometido. Há ainda, um laptop com rede 4G conectado e um telefone celular para cada máquinas que em uma situação de indisponibilidade total do COS poderão ser utilizados. A equipe de plantão, numa situação de pane geral (indisponibilidade das duas linhas de transmissão e dos três diesel geradores), foi treinada e está habilitada para que cada membro tome posse de um notebook que tem instalado e possibilita a comunicação com o sistema supervisor e a todos os dados como se ele estivesse fisicamente dentro da sala de controle, portanto com todas as telas do processo de monitoramento da rede fazendo uso de conexão móvel de alta velocidade. O celular está conectado a uma central que permite o contato com todos os agentes e linhas do CNOS (Centro Nacional de Operações do Sistema) situado em Brasília, isso viabiliza a comunicação com todos os centros de controle da empresa em nível nacional. A figura 19 apresenta o conjunto de máquinas e celulares disponíveis para situação de emergência de pane geral no centro de

operação. Estes equipamentos só podem ser utilizados para este fim, sendo seu uso para qualquer outra necessidade proibido.

Figura 19 - Equipamentos de suporte em pane geral do centro de operação.



Fonte: Autor

A questão Q18 apresentou uma média alta tanto para engenheiros ( $M_{18E}=76,4$ ), quanto para os operadores ( $M_{18O}=88,8$ ), além de uma reduzida variação nas avaliações individuais. O engenheiro 1 comentou:

“Um processo utilizado para avaliação é quando os agentes solicitam um feedback do atendimento prestado e vice-versa. Internamente existe um processo de avaliação no qual cada perfil de profissional avalia seu superior e seu subordinado se houver. No geral cada setor avalia o que atende e existe ainda um feedback da satisfação da sociedade.”

A questão Q22 (O modo como as coisas funcionam atualmente nessa organização decorre da história da sua história) apresentou notas altas ( $M_{22}=79,4$ ), e também baixa variação entre os profissionais. Isso ocorreu possivelmente, porque se trata de uma empresa nova formada inicialmente por profissionais que vieram de empresas estatais nas quais a cultura foi introduzida junto do conhecimento. Além disso, por ser uma empresa que depende de decisões governamentais, as políticas públicas adotadas, embora não sofram alterações de grande relevância, podem impactar no seu funcionamento, conforme mencionado pelo engenheiro 4.

“Todo profissional que já possui um alto nível de experiência certamente veio de uma outra empresa e traz consigo o legado vivenciado por onde passou ou atuou, pois, nossa empresa recém completou 20 anos de criação. Recomenda-se a eles que preferencialmente evitem comparações do antes com o atual que não contribuirão para o crescimento da formação geral da equipe. Por ser uma empresa sem fins lucrativos

e com cargos de direção por indicação do governo federal, e com proibição de renovação dos cargos indicativos por mais de um mandato de 4 anos, sempre que altera o governo existe a possibilidade de mudança de visão gerencial, mas até o momento presente não aconteceram mudanças que impactassem no objetivo central das atribuições da empresa.”

Figura 20 - Resultados da Característica de complexidade “Resiliência” para setor de trabalho e cargo na empresa.

		RESILIÊNCIA			
		Q8	Q17	Q18	Q22
<b>Setor de Trabalho</b>	Pré-Operação	10	10	10	10
	Tempo Real	25	25	25	25
	Pós Operação	11	11	11	11
	Desvio Pré	14,9	29,4	17,1	23,3
	Desvio Tempo Real	20,3	31,8	11,8	24,9
	Desvio Pós	24,0	31,4	20,4	12,0
	Média Pré	81,5	67,5	78,3	80,5
	Media Tempo real	63,1	48,3	88,8	74,7
	Media Pós Operação	78,2	61,6	70,1	89,2
	<b>Cargo na empresa</b>	Operador	21	21	21
Engenheiro		25	25	25	25
Desvio Oper		21,2	32,5	12,8	26,9
Desvio Engen		20,0	27,8	18,2	17,3
Média Operador		63,0	43,9	88,8	74,2
Media Engenh.		77,2	65,5	76,4	83,8

Fonte: Autor

Em relação a esse constructo, as maiores diferenças observadas utilizando como base os resultados para setor de trabalho e cargo na empresa conforme a figura 20 foram: a equipe de pós operação consideram que existe uma maior influência do legado histórico que a empresa possui (Q22) no seu funcionamento. A equipe de tempo real, principalmente os operadores, julgam ser importante o feedback de suas ações (Q18) sobre o seu trabalho. Os engenheiros pela hierarquia de seu cargo consideram ter uma maior autonomia nas suas atividades (Q8) e que normalmente, não existem muitas folgas para a execução de suas atividades (17). Nos quesitos faixa etária e tempo de experiência é importante destacar que os mais jovens (menores de 35) consideram as relações de causa e efeito para suas ações/decisões apresentam resultados mais vagos e imprecisos, isso está associado de possuírem menos experiência. Outro fato relevante é que os mais experientes consideram mais importante o feedback de suas atividades.

#### 4.1.5 PERCEPÇÃO GERAL DE COMPLEXIDADE

A questão Q23 representa a complexidade das atividades apresentando uma média geral ( $M_{23}=88,6$ ) com um nível de variabilidade reduzida, e pelo nível de características associadas aos sistemas sócio técnicas foi comprovado pelos entrevistados de forma geral que consideram

as atividades complexas. Por outro lado, a Q24 avaliou a segurança do sistema elétrico de potência brasileiro como seguro mesmo com o nível de complexidade associado as suas funções, principalmente pelo número de agentes e equipamentos envolvidos. Os resultados apresentaram uma média geral ( $M_{24}=91,8$ ), com uma baixa variabilidade entre os entrevistados; ele é considerado seguro e é respaldado por apresentar um índice de atendimento satisfatório pelos órgãos fiscalizadores. A equipe de pós operação foi, a que por estar no final do processo e por não atuar diretamente nas atividades dos setores antecedentes, a que tem uma visão inferior da complexidade das atividades como um todo, mas com a percepção bem próxima aos demais setores. Outro fator relevante foi dos engenheiros por terem uma maior autonomia, e conhecerem suas responsabilidades, conseguem observar com maior detalhe essa característica das atividades de monitoramento e controle do sistema elétrico e seu nível de complexidade.

#### 4.1.6 ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE AS CARACTERÍSTICAS DE SST

A tabela 12 representa a correlação entre as questões propostas ao longo da pesquisa para avaliação da complexidade relativa. Realizou-se inicialmente, uma análise de correlação visando identificar as variáveis mais correlacionadas entre si dentro dos grupos de questões que buscavam avaliá-la para o SST analisado e gerou os resultados apresentados a seguir:

Tabela 12 - Correlações entre questões de características de SSTC

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16	Q17	Q18	Q19	Q20	Q21	Q22	Q23	Q24
Q1	1,00	0,11	0,17	0,06	-0,08	0,33	0,29	-0,12	0,08	0,24	0,36	-0,08	0,08	0,02	0,26	0,06	0,25	0,23	0,32	-0,01	-0,04	0,33	0,21	-0,28
Q2	0,11	1,00	0,48	0,43	0,23	0,08	0,29	-0,08	-0,05	0,09	0,03	0,37	-0,28	0,10	0,24	0,10	0,01	0,18	-0,14	-0,18	-0,39	0,11	-0,05	-0,05
Q3	0,17	0,48	1,00	0,73	0,15	0,11	0,28	0,04	-0,16	0,04	0,06	0,43	-0,15	0,14	0,09	-0,02	-0,04	0,09	-0,04	-0,27	-0,46	-0,11	-0,02	-0,09
Q4	0,06	0,43	0,73	1,00	0,27	0,14	0,17	0,12	0,18	0,20	0,00	0,42	-0,04	0,18	-0,06	0,06	0,09	0,04	0,02	-0,17	-0,34	-0,03	0,11	-0,07
Q5	-0,08	0,23	0,15	0,27	1,00	0,11	-0,01	-0,14	0,15	0,37	0,13	0,35	0,15	0,54	0,17	0,16	-0,18	0,28	-0,24	0,02	0,00	-0,08	0,17	-0,43
Q6	0,33	0,08	0,11	0,14	0,11	1,00	0,48	-0,42	-0,08	0,35	0,01	-0,01	-0,12	0,04	0,46	0,25	0,03	0,27	0,10	-0,03	0,05	-0,29	0,18	-0,19
Q7	0,29	0,29	0,28	0,17	-0,01	0,48	1,00	-0,12	-0,16	0,47	0,14	0,29	0,06	0,18	0,51	0,32	-0,02	0,35	0,12	-0,10	-0,02	0,04	0,11	-0,19
Q8	-0,12	-0,08	0,04	0,12	-0,14	-0,42	-0,12	1,00	0,09	-0,18	-0,30	0,00	0,19	-0,02	-0,27	0,01	0,22	-0,23	0,16	0,17	-0,05	0,10	-0,14	0,23
Q9	0,08	-0,05	-0,16	0,18	0,15	-0,08	-0,16	0,09	1,00	0,18	0,30	0,07	0,01	0,15	-0,03	-0,17	0,05	-0,10	0,18	0,22	0,25	-0,22	0,18	-0,12
Q10	0,24	0,09	0,04	0,20	0,37	0,35	0,47	-0,18	0,18	1,00	0,06	0,30	0,34	0,32	0,27	0,07	-0,09	0,20	0,14	0,19	0,24	-0,19	0,20	-0,18
Q11	0,36	0,03	0,06	0,00	0,13	0,01	0,14	-0,30	0,30	0,06	1,00	0,11	-0,08	0,11	0,19	-0,08	-0,13	0,36	0,25	0,09	0,02	-0,01	0,21	-0,13
Q12	-0,08	0,37	0,43	0,42	0,35	-0,01	0,29	0,00	0,07	0,30	0,11	1,00	0,05	0,36	0,16	0,17	-0,39	0,22	-0,01	0,00	-0,30	0,16	0,14	-0,08
Q13	0,08	-0,28	-0,15	-0,04	0,15	-0,12	0,06	0,19	0,01	0,34	-0,08	0,05	1,00	0,27	-0,03	-0,11	-0,07	0,13	0,03	0,17	0,21	-0,11	0,19	-0,04
Q14	0,02	0,10	0,14	0,18	0,54	0,04	0,18	-0,02	0,15	0,32	0,11	0,36	0,27	1,00	0,12	0,10	-0,05	0,21	-0,05	-0,01	0,14	-0,16	0,21	-0,29
Q15	0,26	0,24	0,09	-0,06	0,17	0,46	0,51	-0,27	-0,03	0,27	0,19	0,16	-0,03	0,12	1,00	0,06	-0,12	0,56	-0,08	0,01	0,10	-0,25	0,07	-0,17
Q16	0,06	0,10	-0,02	0,06	0,16	0,25	0,32	0,01	-0,17	0,07	-0,08	0,17	-0,11	0,10	0,06	1,00	0,05	0,06	-0,07	0,11	-0,10	0,32	0,28	-0,20
Q17	0,25	0,01	-0,04	0,09	-0,18	0,03	-0,02	0,22	0,05	-0,09	-0,13	-0,39	-0,07	-0,05	-0,12	0,05	1,00	-0,07	0,03	-0,02	0,11	-0,29	0,22	-0,14
Q18	0,23	0,18	0,09	0,04	0,28	0,27	0,35	-0,23	-0,10	0,20	0,36	0,22	0,13	0,21	0,56	0,06	-0,07	1,00	-0,07	-0,06	0,07	-0,14	0,11	-0,19
Q19	0,32	-0,14	-0,04	0,02	-0,24	0,10	0,12	0,16	0,18	0,14	0,25	-0,01	0,03	-0,05	-0,08	-0,07	0,03	-0,07	1,00	0,34	0,15	-0,13	0,29	0,04
Q20	-0,01	-0,18	-0,27	-0,17	0,02	-0,03	-0,10	0,17	0,22	0,19	0,09	0,00	0,17	-0,01	0,01	0,11	-0,02	-0,06	0,34	1,00	0,48	-0,12	0,34	0,12
Q21	-0,04	-0,39	-0,46	-0,34	0,00	0,05	-0,02	-0,05	0,25	0,24	0,02	-0,30	0,21	0,14	0,10	-0,10	0,11	0,07	0,15	0,48	1,00	-0,09	0,16	-0,07
Q22	-0,33	0,11	-0,11	-0,03	-0,08	-0,29	0,04	0,10	-0,22	-0,19	-0,01	0,16	-0,11	-0,16	-0,25	0,32	-0,29	-0,14	-0,13	-0,12	-0,09	1,00	-0,15	0,24
Q23	0,21	-0,05	-0,02	0,11	0,17	0,18	0,11	-0,14	0,18	0,20	0,21	0,14	0,19	0,21	0,07	0,28	0,22	0,11	0,29	0,34	0,16	-0,15	1,00	-0,36
Q24	-0,28	-0,05	-0,09	-0,07	-0,43	-0,19	-0,19	0,23	-0,12	-0,18	-0,13	-0,08	-0,04	-0,29	-0,17	-0,20	-0,14	-0,19	0,04	0,12	-0,07	0,24	-0,36	1,00

Fonte: Autor

Conforme Hair (2009) valores a partir de 0,3 (cor rosa) já indicam uma correlação moderada entre as variáveis analisadas, que apresentam uma forte correlação para valores superiores a 0,7. A cor vermelha na tabela indica a correlação entre duas questões iguais que

como esperado apresentou valor unitário. A cor magenta indica as correlações com valores superiores a 0,3 e a cor azul indica a correlação menor que - 0,3.

Quando se avalia a característica *Grande número de elementos que interagem de forma dinâmica* formadas pelas questões (Q1, Q6, Q7, Q11 e Q15) possuem uma correlação moderada entre elas, embora a correlação de Q1 com Q7 tenha sido 0,29.

Quando se avalia a característica *Variabilidade Inesperada* formadas pelas questões (Q2, Q3, Q4, Q5, Q9, Q10, Q12, Q13, Q14 e Q16) possuem uma correlação moderada entre elas. A questão Q12, por exemplo, possui uma boa correlação quando comparada as demais questões da característica avaliada, mas ainda apresentou uma correlação menor com Q16, apesar dessa questão não ter apresentado uma correlação adequada com as demais que avaliam essa característica.

Quando se avalia a característica *Grande Diversidade de Elementos* formadas pelas questões (Q19, Q20 e Q21) possuem uma correlação moderada entre Q19 com Q20 e de Q20 com Q21.

Quando se avalia a característica *Resiliência* formadas pelas questões (Q8, Q17, Q18 e Q22) não possuem nenhuma correlação moderada entre elas e algumas apresentam correlação negativa, ou seja, as variáveis não influenciam umas nas outras.

Destaca-se nessa tabela a correlação entre as variáveis Q3 e Q4 que apresentam uma correlação de 0,73 que é considerado um valor elevado e indica que estão fortemente associadas na avaliação de variabilidade inesperada. As questões Q3 e Q21 apresentam o pior nível de associação representada por uma correlação de -0,46.

A tabela 13 apresenta as correlações entre os grupos de questões para cada característica proposta inicialmente e também a questão que tinha como objetivo avaliar a complexidade da atividade (percepção geral de complexidade) desenvolvida. Os resultados indicaram correlação significativa (0,33) da característica elementos que interagem de forma dinâmica com variabilidade inesperada. Conforme Saurin e Sosa (2013), quanto mais elementos um sistema tem, maior é o número de potenciais interações; que está de acordo com a variabilidade inesperada que tem como uma de suas características o fato do SSTC serem abertos, ou seja, sofrem influência do ambiente externo ou interagem com ele.

Tabela 13 - Correlação entre as características de SSTC propostas e percepção geral de complexidade

	Elementos que interagem de forma dinâmica	Grande diversidade de Elementos	Variabilidade inesperada	Resiliência	Percepção Geral de Complexidade
Elementos que interagem de forma dinâmica	1,00	0,07	<b>0,33</b>	-0,09	0,22
Grande diversidade de Elementos	0,07	1,00	-0,07	0,01	<b>0,36</b>
Variabilidade inesperada	<b>0,33</b>	-0,07	1,00	-0,02	0,26
Resiliência	-0,09	0,01	-0,02	1,00	0,05

Fonte: Autor

Quando se associa os grupos de características de SSTC com a percepção geral da complexidade, a característica “grande diversidade de elementos” foi a que mais contribuiu para a complexidade dos SST. Em seguida, “a variabilidade inesperada” e “elementos que interagem de forma dinâmica” contribuíram nessa sequência para aumentar a complexidade.

As questões Q8, Q17, Q18 e Q22 tinham como objetivo avaliar a característica de resiliência na pesquisa. Pelas correlações calculadas, pode-se concluir que não apresentam uma relação entre si e não apresentaram resultado significativo. Seria adequado uma melhor reformulação para o ambiente pesquisado ou até mesmo a elaboração de novos questionamentos sobre o tema, que alcancem uma correlação estatisticamente significativa ou fazer um esclarecimento com toda a equipe entrevistada dos significado e objetivo da engenharia de resiliência e após isso uma nova aplicação do questionário.

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA COMPLEXIDADE FUNCIONAL (FRAM)

O Apêndice “D” contém o modelo do FRAM gerado para o processo de controle e monitoramento do sistema elétrico. As equipes envolvidas na realização de atividade são as equipes de pré-operação, operação em tempo real e pós operação.

As funções relacionadas à atividade do setor/Agente responsável são representadas pelos hexágonos na figura 21, enquanto as imagens no formato retangular são funções que delimitam o sistema em que se insere a atividade estudada, não fazendo parte da atividade de monitoramento e controle de operação de sistemas, porém influenciando diretamente no resultado. Para facilitar sua leitura e interpretação, optou-se em apresentar as funções em hexágono com diferentes cores.

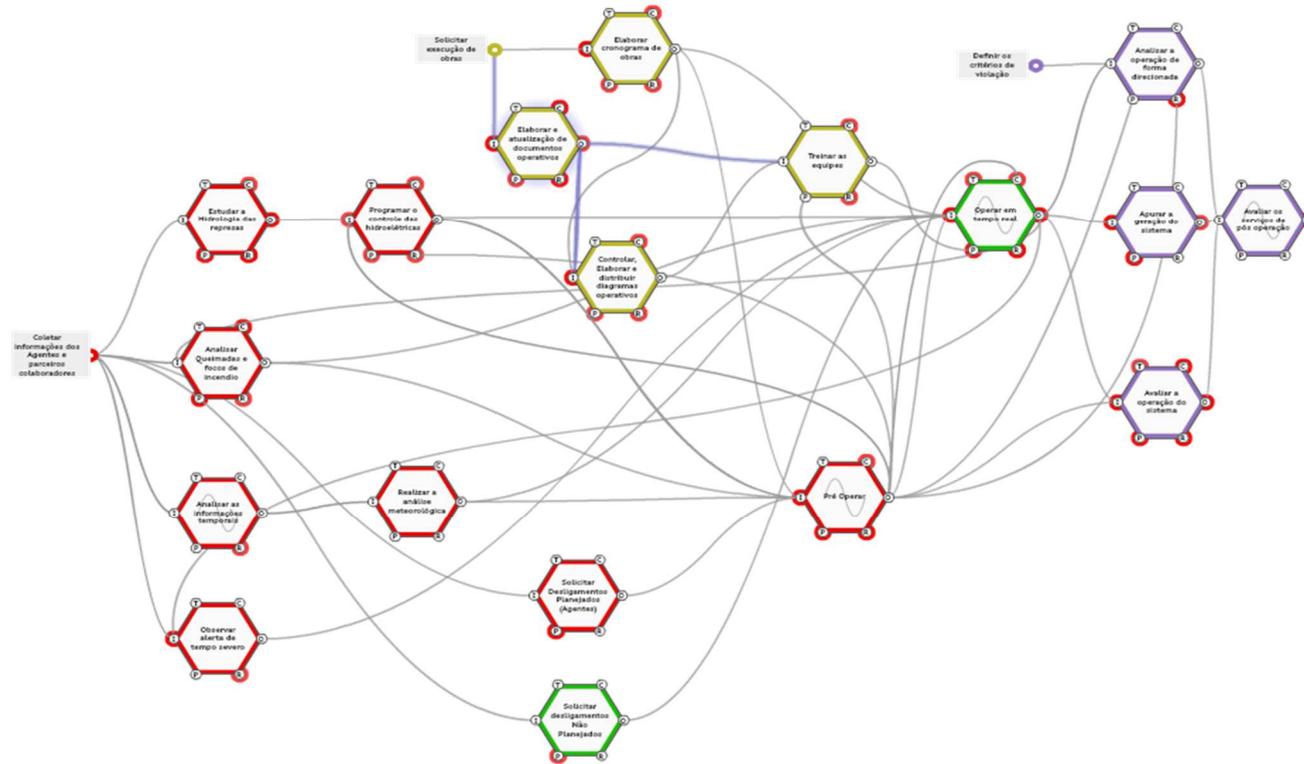
A tabela 14 apresenta a representação gráfica do trabalho real por meio do FRAM. Ao todo foram identificadas 21 funções, sendo relacionadas à atividade do processo de controle do sistema operacional de geração e transmissão de energia.

Toda função que possui acoplamentos a montante ele sofre influência das funções que o alimentam e todos acoplamentos que ela possui a jusante, significa que ela influencia quem está após sua execução.

As funções <pré-operar> e <operação em tempo real> são as funções com maior NAC somando à montante e à jusante. No entanto, destaca-se o NAC, da “pré operar” (8) e “operar em tempo real (4) respectivamente. Tal informação evidencia como estas funções, que são centrais à atividade, sofrem influência de diversas outras funções considerando “a montante”.

Além disso, é importante salientar que o funcionamento do COS é altamente dependente das informações repassadas pelos agentes, pois alimentam todo o sistema de tomada de decisões, assim como outros fatores (falta de operabilidade de algum equipamento da rede) ou situações (tempo severo, queimadas etc.) que criam dificuldades para realizar a tarefa, podem ser originadas por outras funções, associadas a outros sistemas que interagem em alguns momentos com o sistema estudado. Por exemplo, há diversas outras pessoas realizando outras funções em paralelo à atividade de operação em tempo real, tais como controle meteorológico, controle da hidrologia etc. Isso faz surgir acoplamentos não antecipados pelo FRAM, uma dessas situações são as interrupções para solicitação de ajuda que podem ser interpretadas como parte do aspecto Pré-Condição das funções, uma vez que tais solicitações, em princípio, deveriam estar atendidas para que as mencionadas funções pudessem iniciar.

Figura 21 - Trabalho real segundo o FRAM (Functional Resonance Analysis Method).



Legenda: As funções apresentadas na cor vermelha indicam que as mesmas encontram-se na fase de planejamento (pré-operação) |; a função apresentada na cor amarela indica a etapa de procedimentos operacionais (anteriores a etapa de tempo real); a cor verde, — etapa de operação em tempo real; a cor azul – Etapa de análise da operação (pós-Operação). Nas funções, a letra I indica o aspecto Input; O, Output; P, Pré-condição; R, Recurso; T, Tempo; e C, Controle. O formato retangular são funções que delimitam o sistema, não fazendo parte da análise desenvolvida, porém influenciando diretamente no processo.

Tabela 14 - Funções e número de acoplamentos (NAC)

FUNÇÕES	ENTRADAS	TIPO	NAC	
			MONTANTE	JUSANTE
Coletar informações dos agentes e parceiros colaboradores	-	T	-	6
Estudar a Hidrologia das represas	Informações das Hidroelétricas	H	1	1
Analisar Queimadas e focos de incêndio	Informações das condições climáticas, e da vegetação.	T	2	2
	Mapa de Índice Vegetativo (NDVI) - NDVI é a abreviação da expressão em inglês para Normalized Difference Vegetation Index, o que equivale em português a Índice de Vegetação da Diferença Normalizada. Serve para analisar a condição da vegetação natural ou agrícola nas imagens geradas por sensores remotos.			
	Imagens de satélite (últimas 24 horas) para melhor visualização do foco de calor na região.			
	Imagens estáticas via satélite.			
	Índice de propagação (umidade do material combustível, NDVI, etc.)			
Analisar as informações temporais *	Dados Meteorológicos	H	1	1
	Modelos numéricos de previsão do tempo			
	Imagens de satélite			
Observar alerta de tempo severo	Dados de Descargas atmosféricas	H	2	1
	Imagens de satélite			
	Modelos numéricos de previsão do tempo			
	Dados observados de vento.			
	Informações coletadas pela operação em tempo real			
Programar o controle das hidroelétricas	Dados hidráulicos verificados pela operação e postos de vazão em tempo real.	H	3	2
	Restrições hidráulicas formadas pelos proprietários das usinas.			
	Índice meteorológico (chuva)			
Realizar a análise meteorológica	Previsão de ventos	H	1	2
	Previsão da precipitação			
	Previsão da radiação solar			
	Previsão da temperatura			
Solicitar execução de obras	-	H	-	2
Elaborar cronograma de obras	Resoluções, portarias e procedimentos de redes	H	1	3
	Notas técnicas, relatórios pré-operacional, mensal e trimestral			
	Informações enviadas pelos agentes			
	Sugestões de experiências operativa			
Elaborar e atualização de documentos operativos	Resoluções, portarias e procedimentos de redes	H	1	2
	Notas técnicas, relatórios pré-operacional, mensal e trimestral			
	Informações enviadas pelos agentes			
	Sugestões de experiências operativa			
Controlar, Elaborar e distribuir diagramas operativos	Diagramas dos agentes	H	2	1
	Integração de nova obra			
	Programa de Intervenção			
	Cronograma de obras			
	Documentos operativos			
	cadastro de Instalações			
Solicitar Desligamentos Planejados (Agentes)	Necessidade de desligamentos dos Agentes	H	1	1
Solicitar desligamentos Não Planejados	Necessidade urgente de execução	H	1	1
Treinar as equipes	Documentos operativos	H	3	1
	diagramas operativos			
Pré Operar*	PDF (Programa diário de defluência)	H	5	8
	Previsão de vazão e restrições hidráulicas			
	Agentes (clientes)			
	Solicitações de desligamentos			
	Atender a regulação da ANEEL			
	PDP e programação eletroenergética			
	Informações sobre queimadas na linha de transmissão sujeitas a serem afetadas.			
	Cronograma de obras			
Previsão da condições meteorológicas				
Operar em tempo real*	PDO	H	9	5
	MPO			
	Informações do sistema de supervisão de controle.			
	Cronograma de obras			
	Informações dos agentes.			
	Alerta e aviso de tempo severo			
	Informações sobre queimadas na linha de transmissão sujeitas a serem afetadas.			
	Desligamento compoe uma atividade do PDO de carater urgente			
Previsão da condições meteorológicas				
Definir os critérios de violação	-	H	-	1
Analisar a operação de forma direcionada	Violação de regras e procedimentos	H	4	1
	RDO (Relatório diário da operação).			
	Registro de perturbação			
Apurar a geração do sistema	Dados de tempo real	T	1	1
	SIG (Sistema de Gestao de Intervenções)			
	PDP (Programa diário de Produção)			
	RDO (Relatório diário da operação).			
Avaliar a operação do sistema	Sistema de supervisão e controle.	H	2	1
	RDO (Relatório diário da operação).			
	Registros de voz.			
	MPO			
	SIG (Sistema de Gestao de Intervenções)			
	Informações Externa (Pareceres da Aneel, dados meteorológicos)			
PDP (Programa diário de Produção)				
Avaliar os serviços de pós operação*	Taxas de indisponibilidades das unidades geradoras	H	3	1
	Resultado da apuração das unidades geradoras.			
	relatórios de análise de ocorrências			

Fonte: Autor

Nota: \* funções destacadas pelos profissionais como tipicamente com variabilidade.

Tabela 15 - Variabilidade potencial e agregada das funções do modelo

FUNÇÃO	SAÍDAS	VARIABILIDADE POTENCIAL DAS SAÍDAS	
		TEMPO	PRECISÃO
Coletar informações dos agentes e parceiros colaboradores	Informações das Hidroelétricas	NO PRAZO	PRECISO
	Informações das condições climáticas, e da vegetação.	NO PRAZO	ACEITÁVEL
	Mapa de Índice Vegetativo (NDVI) - NDVI é a abreviação da expressão em inglês para Normalized Difference Vegetation Index, o que equivale em português a Índice de Vegetação da Diferença Normalizada. Serve para analisar a condição da vegetação natural ou agrícola nas imagens geradas por sensores remotos.	NO PRAZO	ACEITÁVEL
	Imagens de satélite (últimas 24 horas) para melhor visualização do foco de calor na região.	MUITO TARDE	ACEITÁVEL
	Imagens estáticas via satélite.	NO PRAZO	ACEITÁVEL
	Índice de propagação (umidade do material combustível, NDVI, etc.)	NO PRAZO	ACEITÁVEL
	Dados Meteorológicos	NO PRAZO	ACEITÁVEL
	Modelos numéricos de previsão do tempo	NO PRAZO	PRECISO
	Imagens de satélite	NO PRAZO	ACEITÁVEL
	Necessidade de desligamentos dos Agentes	MUITO TARDE	IMPRECISO
	Necessidade urgente de execução	MUITO TARDE	IMPRECISO
	Estudar a Hidrologia das represas	Restrições hidráulicas formadas pelos proprietários das usinas.	NO PRAZO
Afluentes e defluentes das hidrelétricas		NO PRAZO	PRECISO
Vazões incrementais		NO PRAZO	PRECISO
Operacionabilidade da Usina hidroelétrica		NO PRAZO	PRECISO
Analisar Queimadas e focos de incêndio	Informações sobre Queimadas na linha de transmissão sujeitas a serem afetadas	MUITO TARDE	IMPRECISO
Analisar as informações temporais *	Previsão de ventos	NO PRAZO	IMPRECISO
	Previsão da precipitação	NO PRAZO	IMPRECISO
	Previsão da radiação solar	NO PRAZO	IMPRECISO
	Previsão da temperatura	NO PRAZO	IMPRECISO
Observar alerta de tempo severo	Alerta e aviso de tempo severo	MUITO TARDE	IMPRECISO
Programar o controle das hidroelétricas	PDF (Programa diário de defluência)	NO PRAZO	IMPRECISO
	Previsão de vazão e restrições hidráulicas	NO PRAZO	IMPRECISO
Realizar a análise meteorológica	Previsão das condições meteorológicas	NO PRAZO	IMPRECISO
Solicitar execução de obras	Informações enviadas pelos agentes	NO PRAZO	PRECISO
Elaborar cronograma de obras	Cronograma de obras	MUITO CEDO	IMPRECISO
Elaborar e atualização de documentos operativos	Documentos operativos	MUITO CEDO	PRECISO
	cadastro de Instalações	MUITO CEDO	PRECISO
	mensagens operativas	MUITO CEDO	PRECISO
Elaborar e atualização de documentos operativos	Documentos operativos	MUITO CEDO	PRECISO
	cadastro de Instalações	MUITO CEDO	PRECISO
	mensagens operativas	MUITO CEDO	PRECISO
Controlar, Elaborar e distribuir diagramas operativos	diagramas operativos	MUITO CEDO	PRECISO
Solicitar Desligamentos Planejados (Agentes)	Solicitações de desligamentos	NO PRAZO	PRECISO
Solicitar desligamentos Não Planejados	Desligamento compõe uma atividade do PDO de caráter urgente	MUITO TARDE	IMPRECISO
Treinar as equipes	Equipe de tempo real treinada em documento normativo	MUITO CEDO	PRECISO
Pré Operar*	PDO	NO PRAZO	IMPRECISO
Operar em tempo real*	Controle de tensão/carregamento do sistema	NO PRAZO	IMPRECISO
	controle da frequência - geração	NO PRAZO	IMPRECISO
	RDO (Relatório diário da operação).	NO PRAZO	IMPRECISO
	energia elétrica de qualidade. (conformidade, confiabilidade e continuidade) e economicidade	NO PRAZO	IMPRECISO
	Dados hidráulicos verificados pela operação e postos de vazão em tempo real.	NO PRAZO	IMPRECISO
	Informações temporais e sobre queimadas coletadas pela operação em tempo real	NO PRAZO	IMPRECISO
	Registro de perturbação	NO PRAZO	IMPRECISO
Definir os critérios de violação	Violação de regras e procedimentos	MUITO TARDE	PRECISO
Analisar a operação de forma direcionada	relatórios de análise de ocorrências	NO PRAZO	PRECISO
Apurar a geração do sistema	taxas de indisponibilidades das unidades geradoras	NO PRAZO	PRECISO
	Encargos setoriais	NO PRAZO	PRECISO
Avaliar a operação do sistema	Performance da Operação	NO PRAZO	PRECISO
	Relatório de análise da Operação	NO PRAZO	PRECISO
	Resultado da Indisponibilidade dos equipamentos dos agentes	NO PRAZO	PRECISO
	Resultado da apuração das unidades geradoras.	NO PRAZO	PRECISO
	Apuração de encargos de serviços do sistema eo MUST	NO PRAZO	PRECISO
Avaliar os serviços de pós operação*	TEIP - Taxa Equivalente de Indisponibilidade programada.	NO PRAZO	IMPRECISO
	TEIFA - Taxa Equivalente de Indisponibilidade forçada.	NO PRAZO	IMPRECISO

Fonte: Autor

O método FRAM permite compreender como as consequências da variabilidade podem repercutir através do sistema, e em particular como podem afetar as funções à jusante. A tabela 15 apresenta a variabilidade potencial e agregada das funções. Vale ressaltar que as funções humanas podem sofrer alguma variabilidade em função das atividades poderem ser executadas em turnos, situações emergenciais com elevado nível de stress em razão do tempo e permanência do operador na atividade que, se prolongado em excesso, poderá afetar o resultado de alguma manobra ou ação.

Para exemplificar a propagação da variabilidade usando o recurso do FRAM será apresentado o relato feito pela colaboradora do departamento de meteorologia do ONS:

“O objetivo do ONS é obter a carga, de forma bem simplificada, é atender a carga a partir de uma de geração, essa geração depende de algum tipo de fonte que pode ser hidrelétrica, termoelétrica, eólica, solar etc. Mas o que a meteorologia contribuiu para o SIN. Primeiramente para o sistema hidráulico é realizado uma análise do regime de precipitação anual de todo o território brasileiro que comprovam que não é homogêneo ao longo do ano, isso garante a previsão da capacidade de geração hidrelétrica anual que representa em torno de 70% do abastecimento energético brasileiro. No estudo dos ventos destaca-se a presença dos ventos alísios associados a zona de convergência intertropical, que tem sua maior presença na região do equador, isso favorece a instalação de usinas eólicas na região do Nordeste pois o comportamento dos ventos tem uma ação bem previsível, já na região sul o vento sofre a ação de diversos sistemas meteorológicos que vai fazer com que o vento seja extremamente variável gerando por exemplo uma elevada geração num instante e logo em seguida valores muito baixos de capacidade de geração. Esses dados garantem além da segurança nos investimentos deste setor, a capacidade anual de geração eólica. A geração solar fotovoltaica ainda é baixa, mas com o estudo da irradiação solar, pode-se com futuros investimentos fazer uma expectativa das gerações para esse setor e seu percentual de contribuição. A previsão diária, semanal e mensal é realizada utilizando um modelo numérico de previsão de tempo que é alimentado por dados meteorológicos de pressão atmosférica, velocidade e direção dos ventos, umidade relativa, precipitação etc. informados pelos agentes e por institutos de meteorologia. São fornecidos por exemplo a previsão da temperatura de uma região, e dessa forma a previsão de carga para atendê-la. Todas essas informações são mandadas para o planejamento que terá um embasamento para realizar a programação diária somando o restante da demanda necessária ao potencial termoelétrico que não precisa de previsão meteorológica.”

Ela ainda apresentou uma aplicação importante para o processo operacional que é uma comprovação dos potenciais de resiliências de antecipação e de resposta:

“A maior preocupação em **antecipação** dos riscos acontece com as medições realizadas no curtíssimo prazo de temperatura, precipitação e condições do vento. Essas informações embasam o Alerta de Tempo Severo para uma linha de transmissão que devido a severidade, por exemplo, do vento, pode ocasionar quedas de torres deixando a rede indisponível. As informações são passadas para o CNOS, e tem uma situação de Alerta, será realizado uma análise e podem dessa forma desligar àquela rede evitando um dano maior. Uma outra análise realizada é sobre a incidência de queimadas que com a baixa precipitação de algumas regiões, aumenta a sua incidência que podem gerar a necessidade de desligamento da linha. Existe um estudo sendo realizado com o histórico de focos de queimadas de uma região associados aos índices de precipitação que ao final **poderá fornecer uma informação mais segura** para o Alerta de queimadas e com isso o planejamento poderá trabalhar com essa condição

de risco para o abastecimento de uma determinada região. Hoje uma grande preocupação é saber o momento exato de disparar o alerta e o ideal para o seu desligamento, isso gera uma carga de stress elevada para a operação que tem que tomar todas as ações necessárias para evitar que o impacto da ocorrência atinja uma maior gravidade. Uma constatação já confirmada é que essas situações de tempo severo sempre ocorreram durante à tarde, noite e madrugada.”

Uma outra aplicação da eficácia do modelo pode ser constatada no relato do engenheiro responsável pelo controle hidrológico das represas que fornece a aplicação de uma função técnica e a percepção da variabilidade no processo:

“A parte de decisão operativa sobre a ótica hidráulica ou hidro energética possui uma cadeia temporal de decisão, longo prazo, médio e curto prazo (mensal, semana e diária). Isso fornece uma proposta de defluências hidráulica e geração de energia elétrica nas salas de controle. Esse é um processo retroalimentado, portanto as variáveis operativas dos aproveitamentos hidrelétricos (vazões afluentes, vazões defluentes, vazões incrementais entre os rios) são obtidas dos operadores (agentes), essas informações são importantes por fornecerem as situações das barragens e dos rios. Com essas informações somada aos índices de precipitação, pode-se realizar uma estimativa do volume de água esperado no barramento e tomar a decisão do quanto eu devo guardar ou consumir dentro dos reservatórios, sempre com a preocupação de atender à carga. Normalmente, os procedimentos de rede são bem definidos e raramente são desviados, um exemplo foi o desastre de Mariana, quem operacionalizou a onda de rejeitos ao longo dos barramentos foi o setor elétrico. Existe um **modelo matemático conhecido como DECOMP**, eu observo o que está acontecendo na bacia hidrográfica e a previsão de chuva, essas informações são inseridas nas perspectivas para os próximos trinta dias e alimentam um modelo matemático que fornecerá o volume de água armazenado, o quanto vai vir de afluência, o quanto ele tem que deixar para uso múltiplo, carga que ele tem que atender e ele fornece a capacidade de geração ótima da usina. Vale ressaltar que o controle hidráulico das represas e de fornecimento de água é função do ONS, existem dois modelos de usinas a fio d’água como as ligadas ao Rio Doce onde a afluência é igual a defluência não existe represa e a de Barragem que reserva água como a do Rio Paraíba do Sul onde qualquer decisão de funcionamento da usina deve levar em conta além de seu potencial de geração a capacidade de abastecimento hidráulico das cidades que estão na sua afluência. **Vale ressaltar que com a crise de seca que ocorre em algumas regiões do país nos últimos quatro anos aumentou em muito a complexidade das decisões pois a quantidade de gestores (prefeitos) das cidades, governadores etc.** envolvidos e exigindo solução para os problemas aumentou significativamente. A programação hidráulica incorpora as duas atividades básicas do setor de hidrologia que são interface com a operação: a parte de previsão de vazões que é a quantidade de água disponível ao longo de uma semana, por exemplo, para você tomar a decisão da capacidade de geração de uma hidrelétrica, e o outro são os condicionantes operativas que vem das restrições hidráulicas, ou seja o quanto eu posso liberar no máximo para um aproveitamento hidrelétrico para conciliar o aproveitamento hidrelétrico com os outros usos múltiplos de água.”

O modelo FRAM desenvolvido se apresenta como importante instrumento para entender e visualizar de uma forma mais sistêmica a atividade, bem como sua complexidade e variabilidade. Os exemplos mencionados ilustram a propagação da variabilidade pois são recursos da base de entrada da pré-operação que são essenciais para a operação em tempo real e a análise do previsto com o realizado é desenvolvido pela pós-operação. A ferramenta ainda forneceu que entre os procedimentos operacionais padronizados, o de Módulo 10 – MPO (Manual de Planejamento

Operacional) referentes às funções críticas do sistema o que serve de base para o funcionamento do processo.

#### 4.3 CARACTERIZAÇÃO DA COMPLEXIDADE ESTRUTURAL

O esquema da figura 22 representa as macrofunções do SST investigado. O ONS é composto por membros associados e membros participantes, que são as empresas de geração, transmissão, distribuição, consumidores livres, importadores e exportadores de energia. Também participam o Ministério de Minas e Energia (MME) e representantes dos Conselhos de Consumidores Como gestores de uma rede com mais de 300 membros associados, que são os geradores, transmissores, distribuidores e consumidores livres de energia, o Operador trabalha para garantir o suprimento de energia elétrica contínuo, seguro e econômico a todos os brasileiros (ONS, 2018).



Fonte: ONS adaptado pelo autor

##### 4.3.1 PRÉ-OPERAÇÃO

A equipe de pré-operação é composta por 8 (oito) engenheiros, um estagiário de engenharia elétrica e um gerente. Desenvolve suas atividades em escritório climatizado em ilhas com 4 estações de trabalho e com condições adequadas de ergonomia, temperatura, acústica e iluminação. As atividades realizadas em horário administrativo de segunda a sexta-feira. O setor passou por uma reformulação recente e passou a se chamar Gerencia de Análise e Procedimentos da Operação, sendo dentre as atividades desenvolvidas por este setor as seguintes:

I – Consolidação da programação e horizonte de análise dos tipos de intervenções que pode ser concentrada em:

Programação Elétrica e Energética (Rede Sistêmica para Intervenção);

a) Análise e procedimentos da Operação (Rede Regional para Intervenção Elétrica).

II – Sistema de gestão das intervenções na rede (Sistema via web de gerenciamento das intervenções no SIN (cadastro, reprogramações, acompanhamento das análises, aprovação, cancelamento e execução);

III – Consolidação das intervenções.

Analisando as atividades desenvolvidas pelos profissionais da engenharia de pré- operação observou-se a necessidade, devido a importância, de conhecer as atividades desenvolvidas pela análise meteorológica e hidrológica. Foi solicitado e foram disponibilizados três funcionários para entrevista e esclarecimento das questões, sendo um da análise meteorológica, outro da previsão de queimadas e um responsável pela hidrologia, controle de represas e capacidade de geração das usinas.

#### 4.3.1.1 PRÉ-OPERAÇÃO DE SISTEMAS: ANÁLISE DE DESLIGAMENTOS

O Modelo antigo do setor elétrico brasileiro era concentrado em empresas na maioria estatal. O Novo modelo inicializado em 1995 após as privatizações (CESF, Eletronorte etc.), configurou o SEP no modelo inglês onde a figura de manutenção dos equipamentos não ficava a critério do proprietário, pois geravam muitos conflitos e problemas. Segundo Rosa, Tolmasquim e Pires (1998), o estudo do processo de reestruturação do setor elétrico do Reino Unido justifica-se em razão do seu caráter radical, promovendo a privatização das empresas públicas e a reestruturação do modelo com a introdução da competição<sup>8</sup>. Com a criação do ONS esse processo foi alterado.

O Sistema SGI (Sistema de Gestão de Intervenções) utilizado interna e externamente. O Agente tem uma base de dados de todos equipamentos cadastrados e ele cadastra as intervenções no SGI. SICOP é um sistema de dados interno que utiliza os dados do SGI facilitador para intervenção. Todas as intervenções devem ser informadas à ONS, cadastradas pelos agentes, que avalia a solicitação e viabilidade de atendimento da autorização. As áreas de

---

<sup>8</sup> 1 A privatização do setor não necessitaria de uma reestruturação. No entanto, a reestruturação nos moldes britânicos implicam na privatização dos agentes.

desligamento têm uma fronteira para cadastro de intervenções que podem ser solicitadas a qualquer tempo, mas existem fronteiras para sua liberação. Até às 15:00 do dia útil anterior o planejamento pode programar e analisar a viabilidade da interrupção, para os finais de semana (sábado e domingo) assim como para feriados, a programação para os dias não úteis e o dia útil logo após, deve ter toda sua solicitação de programação ser realizada até o horário estipulado no dia que antecede a ocorrência do período. Só são consideradas intervenções urgentes as solicitadas para o dia seguinte. Não existe prazo para a solicitação, toda intervenção de caráter urgente tem penalização financeira ao agente responsável por ela. Toda interrupção emergencial não tem como ser planejada, logo ela causará impacto no sistema e o agente responsável será penalizado.

Critérios relativos aos procedimentos de redes:

I – Prazo para cadastro;

II – Prazo para resposta;

III – Critérios para avaliar as intervenções;

IV – Existem critérios que precisam ser considerados e obedecidos.

Os critérios de procedimentos de redes servem para a aprovação ou para a negativa da atividade solicitada. “Às vezes passa-se a imagem que as decisões são muito empíricas, mas os critérios são superiores inclusive à experiência de funcionamento, pois certamente o procedimento de atividade desenvolvida já foi testado e não conseguiu ser aprovada.” Afirma um engenheiro sênior especialista no setor.

O grau de dificuldade e a forma (Corretivo ou Preventivo) do serviço a ser executado tem prioridade na solicitação de execução. Sempre o corretivo terá prioridade sobre o preventivo na solicitação de desligamento para reparo. As necessidades ou devido ao impacto da OS (Ordem de Serviço) define a criticidade e a sua execução pode ser adiada por mais vezes. Um grande risco é ser gerado um serviço de emergência e causar um impacto maior na rede/sistema.

A fim de regularizar o processo de consolidação da programação e o horizonte de análise dos tipos de intervenções o módulo 10 que trata do MPO, em seu submódulo 10.22, propõe 4 tipos de intervenções. A figura 23 apresenta o modelo de intervenções:

Figura 23 - Tipos de Intervenções



Fonte: ONS, MPO

As intervenções Tipo 1, 2 e 3, são solicitadas de zero hora até às 15h00min do último dia útil anterior à data de sua previsão de início, são analisadas via gerências de:

- Programação Elétrica e Energética
- Análise e procedimentos para a Operação

As informações do tipo 4 são informadas e tratadas exclusivamente em Tempo Real e não são feitas cadastro no SGI. A equipe de análise e Procedimentos executam as atividades de hidrologia, programação energética e Análise das intervenções energéticas na rede regional.

A identificação de problemas (sobrecarga etc.) onde o cenário é muito incerto dificulta a análise, para isso existe o Organon (software) que faz a análise em regime permanente do sistema elétrico. Se existir risco de sobrecarga ele é limitado por uma inequação que avalia o objeto e o evento que está sendo monitorado dentro do tempo real que estipula um controle prévio. O controle tenta estabilizar o efeito de uma sobrecarga. A montagem deve levar em conta todos os fatores de influência. O PDO (Plano Diário de Operação) é composto de informações consolidadas, conforme apresentado na figura 24) que fornecem base para os operadores do tempo real ele é formado por (ONS, módulo 10.4, 2018):

Figura 24 - Composição do PDO (Plano diário de Operação)



Fonte:Autor

PDPc - Programa Diário de Produção consolidado, que consiste na consolidação das informações de caráter energético geradas na fase de programação da operação, a partir dos ajustes decorrentes de novas informações sobre:

- ✓ previsões de carga;
- ✓ disponibilidade de geração;
- ✓ intercâmbios internacionais;
- ✓ condições de tempo;
- ✓ cancelamentos de intervenções;
- ✓ intervenções de urgência; e
- ✓ outras informações e dados que impactem as análises realizadas pela área de programação do ONS.

PDIc - Plano diário de produção consolidado consiste na consolidação das intervenções analisadas na fase de programação da operação, a partir dos ajustes decorrentes de informações sobre:

- a) as intervenções de urgência e as intervenções sem desligamento na rede de operação sistêmica e regional/local, recebidas até as 15h00min, horário de Brasília, do último dia útil anterior à data pretendida para a realização dessas intervenções; e
- b) outras informações e dados que alterem o que foi considerado nas análises realizadas na fase de programação da operação.

PDCF - Programa Diário de Carga e Frequência que contém as solicitações de intervenção nos CAG (Controle Automático da Geração), as alterações no modo de operação dos CAG, as intervenções nos pontos de medição de intercâmbio e de unidades geradoras conectadas aos CAG e as intervenções nos dispositivos de controle das usinas.

PDFc - Programa Diário de Defluências consolidado que abrange a programação de defluências para os reservatórios, nas situações Normal, Atenção, Alerta e Emergência, levando em conta os ajustes decorrentes de informações sobre:

- I. o atendimento a restrições temporárias verificadas após a emissão do PDF;
- II. novas previsões de níveis e vazões;
- III. novos valores de geração das usinas; e
- IV. outras informações e dados que alterem as análises realizadas pela área de hidrologia operacional do ONS.

RDEc - Das recomendações, com as diretrizes eletroenergéticas e hidráulicas complementares que subsidiam a execução do PDPC, do PDFc e do PDCF e as diretrizes elétricas que subsidiam a operação de tempo real diante das condições operacionais verificadas ou previstas a curto prazo para o Sistema Interligado Nacional – SIN. Dos limites e restrições a serem considerados na elaboração do PDO:

- (i) limites sistêmicos;
- (ii) limites dos equipamentos e das linhas de transmissão;
- (iii) restrições hidráulicas temporárias ou permanentes; e
- (iv) restrições ambientais temporárias ou permanentes.

De informações meteorológicas fornecidas pelos órgãos investigadores (SIMEPAR – Sistema Meteorológico do Paraná) e outros.

Qualquer estudo/produto realizado dentro do ONS tem como foco o funcionamento em tempo real. O aprendizado é realizado por treinamentos contínuos de origem externa/interna. Dentro da gerência procura-se fazer uma disseminação das experiências e realizar um rodízio entre áreas de observação e planejamento. As intervenções são planejadas para serviço em tempo real (os agentes são penalizados na Urgência e mais ainda na Emergência). Os profissionais têm acesso a informações gerais de empresas para terem o poder de tomada de decisão e ter o conhecimento de onde buscar as informações.

Analisando as atividades desenvolvidas pelos profissionais da engenharia de pré-operação observou-se a necessidade, devido a importância de conhecer as atividades desenvolvidas pela análise meteorológica e hidrológica. Foi solicitado e foram disponibilizados três funcionários para entrevista e esclarecimento das questões, sendo um da análise

meteorológica, outro da previsão de queimadas e um responsável pela hidrologia.

A meteorologia tem papel importante nas decisões da pré-operação. São fornecidos dados meteorológicos sobre previsão dos ventos, precipitação, radiação solar e temperatura que são grandezas físicas relevantes no processo de tomada de decisão tanto da operação quanto da pré-operação. São realizados estudos sobre o índice médio de queimadas e suas respectivas taxas de registros no início e término do período seco que são embasados em imagens coletadas via satélite, índice vegetativo da região e informações climáticas coletadas pela operação em tempo real e fornecidas pelos agentes. Essas informações são relevantes para uma previsão de indisponibilidade de uma linha de transmissão causada por incêndio ou por condições temporais. O estudo da hidrologia é essencial pois oferece como resultado a capacidade de vazão das represas nacionais e com essa informação qual será o potencial hidroelétrico do país. Este processo necessita ser retroalimentado pelos agentes para que suas decisões possam ser tomadas sempre utilizando dados atualizados.

#### 4.3.2 OPERAÇÃO EM TEMPO REAL

O Centro de Operação pesquisado trata-se de um EMS (Energy Management System), conforme referencial teórico, seção 2.1.6, com a função básica de gerenciamento da geração e da transmissão de energia do SIN. A operação de tempo real atua no monitoramento (das ameaças) da rede de energia e precisa estar preparada para antecipar e avaliar possíveis impactos de ocorrências não programadas ou serem capaz de responder aos distúrbios que não foram previstos pela engenharia de pré-operação. Destacando que a pré-operação estuda e avalia os impactos das situações planejadas, mas a operação em tempo real que vivencia o funcionamento do sistema.

O Centro de Operações de Sistemas é responsável pelo gerenciamento da geração e transmissão de energia, assim como por cortes de energia para manutenção ou reparos de equipamentos. Isso significa que controlam um processo de alto risco para a sociedade, além de gerir resultados sobre a falta ou não de energia para seguimentos da população, onde o parâmetro tempo (de normalização da tensão ou de restabelecimento) é fundamental e, ainda respondem por esse parâmetro numa atividade de serviço considerada essencial e, portanto, monitorada pela ANEEL.

### 3.3.2.1 AMBIENTE DE TRABALHO DO CENTRO DE OPERAÇÕES EM TEMPO REAL

a) Iluminação e Temperatura - O ambiente da sala possui um aspecto de claridade, de luminosidade adequada para a realização das atividades e utilizam luminárias refratárias com lâmpadas de led. Há uma espécie de monotonia visual, devido aos móveis e paredes, numa predominância do tom amadeirado e bege. Ao mesmo tempo, essa luminosidade parece incentivar a atenção dos operadores. É um ambiente visualmente organizado e limpo, sem a típica papelada da maioria das empresas. Esse visual, num primeiro momento remete à ideia de organizado e calmo. Contudo, há momentos de atividade intensa, e porque não dizer, tensão e estresse. A temperatura interna oferece um clima agradável e adequado a qualquer época anual sendo que toda a equipe de plantão trabalha utilizando obrigatoriamente como uniforme camisa de manga longa, gravata e terno.

b) Acústica - Os ruídos não são tão intensos, mas frequentes e irritantes, podem desviar a atenção tão solicitada. São alarmes que emitem sons ao mesmo tempo em que sinalizam na tela do computador que algo está acontecendo. Cada tipo de som se refere a um tipo de evento. Por exemplo, som de cuco, coaxar, campainha, sinos badalando. Este último significa que ocorreu uma falha grave com algum equipamento do sistema monitorado ou ainda que ocorreu um problema de grande dimensão. Este alarme parece ter o volume um pouco mais baixos que os demais. Ainda assim, devido ao seu caráter de gravidade, os operadores o percebem automaticamente, independente do que estiverem fazendo, inclusive se estão ao telefone.

c) Layout e Organização do Trabalho - O layout visa tornar fácil e suave as movimentações no local de trabalho e uma fácil integração entre os trabalhadores. O ambiente é limpo, sadio e agradável, proporcionando segurança e conforto ergonômico aos trabalhadores que utilizam cadeiras adequadas ao exercício da função que é desenvolvido em sua maior parte sentado. O denominado Centro de Operações se restringe a uma sala ambiente. Neste local, com acesso podendo ser considerado restrito, são desenvolvidas as atividades de acompanhamento dos sistemas de controle, que são em sua totalidade automatizados. A restrição de acesso é inerente à atividade. A gerência é composta por 6 equipes de trabalho (três trabalham e três folgam) em regime de 6 escalas cumpridas por quatro de folga. O trabalho é realizado por escala: dois dias das 6:30h-14:30h, dois dias das 14:30h-22:30h, dois dias das 22:30h-6:30h e quatro dias de folga ou descanso para cada componente após o cumprimento de toda essa jornada de escalas. A equipe é composta por um total de 31 operadores, 3 engenheiros e um estagiário sendo geridos por seu gerente de operação em tempo real. Para compor o rodízio de escala dos engenheiros, são apoiados por um engenheiro da pré-operação e um da pós-

operação somente para compor a equipe de plantão. Cada equipe é composta por quatro operadores e um supervisor divididos em duas frentes de trabalho: Controle da geração e controle da transmissão. Enquanto o pessoal da geração lida com o despacho da energia elétrica pelas usinas, a equipe de transmissão lida com os agentes responsáveis pela transmissão de energia.

Conforme a figura 25, no nível superior, na base de trabalho central fica o supervisor de operação que em todas equipes é representado por um profissional com no mínimo dez anos de experiência na atividade e oferece suporte nas atividades normais ou eventos inesperados e emergenciais aos operadores. A sua esquerda fica o operador responsável pela geração de energia, nenhuma usina pode aumentar ou reduzir seu nível de geração sem o seu aval. A direita fica o engenheiro de operação (cinco profissionais em regime de escala) em tempo real que é responsável pelo apoio na parte operacional, assim como dar todo suporte necessário para a tomada de decisões em situações de ocorrências e distúrbios na rede, ele fica em média 12 horas por dia dentro da sala e acessível pelo celular de plantão quando não está presente. No piso inferior são disponibilizadas quatro estações de trabalho, sendo três ocupadas por operadores responsáveis pelo monitoramento e despacho das linhas e transmissão de quatro estados brasileiros. A última bancada livre fica em standy-by para uma eventual pane. Existem três monitores para cada profissional da área de *sistemas* e quatro para o operador da geração, para o supervisor e para o engenheiro de plantão que são monitorados 24 horas. Cada estação de trabalho possui dois aparelhos com linhas telefônicas que registram e gravam num computador central tudo o que foi conversado com sua utilização, isso é uma exigência da ANEEL para necessidade de averiguação dos fatos.

Figura 25 - Sala do centro de operação em tempo real– ONS



Fonte: site da ONS, 2018

A frente das estações de trabalho existe uma grande tela conforme a figura 26 que fornece ao centro toda a malha de interligação do sistema monitorado e seu funcionamento separando cada cor para nível de tensão de alimentação. A esquerda são disponibilizados dados da frequência da rede, Capacidade de geração e o percentual de contribuição de cada processo (hidroelétrico, termoeletrico, nuclear etc.) instantâneo e o gráfico de consumo diário apresentando, a curva de consumo instantânea, a curva do dia anterior, a curva do dia na última semana, a curva do respectivo dia no ano anterior para efeito de comparação e análise com a curva de capacidade disponibilizada (recurso energético) pelo país. O outro lado da tela apresenta no superior um mapa da região que fornece as informações meteorológicas instantâneas e abaixo um sistema supervisorio reconhecido por ORGANOM, ele calcula várias contingências alertando a equipe de uma situação de risco e oferece as informações sobre estado normal, alerta sobre a segurança da redes e ameaças de riscos de operabilidade do sistema.

Figura 26 - Tela de controle do Sistema Elétrico monitorado



Fonte: site do ONS, acesso em julho de 2018

#### 4.3.3 PÓS-OPERAÇÃO

A pós operação é formada por 10 engenheiros, 1 estagiário e 1 gerente totalizando 11 profissionais. Desenvolve suas atividades em escritório climatizado em ilhas com 4 estações de trabalho e com condições adequadas de ergonomia, temperatura, acústica e iluminação. As atividades realizadas em horário administrativo de segunda a sexta-feira. Sua função consiste em realizar a análise da operação de forma direcionada, realizar a apuração do sistema de geração e avaliar toda a operação do sistema. Basicamente tem as seguintes responsabilidades:

### Geração

- Apuração de movimentações e restrições operativas de Unidades Geradoras e Conexões Internacionais
- Apuração de despacho de geração térmica
- Consistência de dados hidrológicos
- Apuração do Montante do Uso do Sistema de Transmissão (MUST)

### Transmissão

- Apuração de desligamentos e restrições operativas temporárias (Rede Básica e Rede Complementar)
- Apuração dos dados de carga dos consumidores conectados à rede básica.

### Distribuidoras e Consumidores livres

- Apuração do Montante do Uso do Sistema de Transmissão (MUST)

### Análise

- Análise de ocorrências e perturbações com base no RO (Relatório de Ocorrências), RAO (Relatório de Análise da Ocorrência), RAP (Relatório de Análise da Perturbação) e gestão de recomendações.
- Análise diária da Operação e Consistência de desligamentos forçados.
- Cálculo dos indicadores dos Procedimentos de Rede e do Sistema de Gestão da Qualidade
- Atendimento as demandas de outros membros do setor (ANEEL, agentes etc.)
- Reclamação de Clientes e Análise da Comunicação verbal

No subsistema ambiente externo destaca-se pela empresa trabalhar interagindo diretamente com os agentes de geração e transmissão no controle das operações e pelo fato de ela ser fiscalizada pela ANEEL que é uma autarquia pertence ao Ministério de Minas e Energia que faz parte da gestão do governo federal devendo obedecer às recomendações e exigências legais. Importante reiterar que para o exercício de suas atribuições legais e o cumprimento de sua missão institucional, o ONS desenvolve uma série de estudos e ações exercidas sobre o sistema e seus agentes proprietários para gerenciar as diferentes fontes de energia e a rede de transmissão, de forma a garantir a segurança do suprimento contínuo em todo o país. O ONS é composto por membros associados e membros participantes, que são as empresas de geração, transmissão, distribuição, consumidores livres, importadores e exportadores de energia. Também participam o Ministério de Minas e Energia (MME) e representantes dos Conselhos de Consumidores. Embora seja uma empresa privada é uma associação sem fins lucrativos.

A equipe que compõe as atividades nos setores pesquisados é composta de 1 gerente executivo, três gerentes setoriais (pré-operação, operação em tempo real e Pós-operação) 27 operadores e 24 engenheiros e três estagiários.

#### 4.4 AVALIAÇÃO DA RESILIÊNCIA

Os tópicos seguintes apresentam os resultados para a avaliação da resiliência, sendo eles o método de avaliação dos potenciais de sistemas resilientes (RAG) e a avaliação dos POP e suas lacunas.

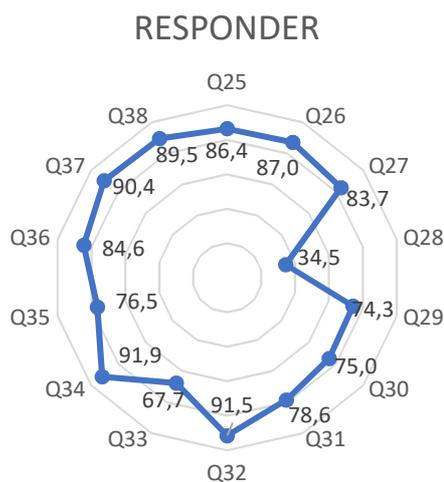
##### 4.4.1 MÉTODO DE AVALIAÇÃO DOS POTENCIAIS DE SISTEMAS RESILIENTES - RAG

Nessa seção, os resultados da avaliação dos potenciais de resiliência serão apresentados para cada um dos quatro potenciais adotados como base. As tabelas com os resultados da pesquisa realizada estão apresentadas no apêndice C.

##### 4.4.1.1 POTENCIAL RESPONDER

A figura 27 apresenta os resultados encontrados na pesquisa sobre o potencial de resiliência RESPONDER.

Figura 27 - Resultados para o potencial de resiliência responder



Fonte: Autor

Valores superiores a 75 foram encontrados em todas as questões para os setores analisados relacionados a esse potencial com exceção da questão 28 que demonstra que o MPO não é flexível e não permite ajuste ao longo das operações, para os operadores a média fica em

20,7 ou seja eles não concordam com as regras do MPO. Outra questão que tem uma avaliação relativamente baixa foi quanto a autonomia para solução dos eventos inesperados, Q33, ela apresenta valores médios tanto para engenheiros ( $M_{33E}=68,4$ ) quanto para os operadores ( $M_{33O}=67,0$ ), pois muitas decisões necessitam as vezes serem tomadas com apoio até da diretoria de operação. Um comparativo a ser considerado foi que na questão Q8 que avaliava a característica de resiliência e apresentou ( $M_{8E}=77,2$ ) e ( $M_{8O}=63,0$ ). A pequena diferença de pontuação se deve ao fato da Q33 se refere a autonomia para resolver eventos inesperado, já a Q28 trata de autonomia para realização de qualquer atividade, mas a diferença mais significativa ficou para o cargo de engenheiro que possui outra responsabilidade associada ao seu cargo.

Exemplos que ilustram a presença desse potencial foram obtidos através das entrevistas e também a característica de resiliência da equipe. Conforme exposto pelo engenheiro 1:

“Diariamente a operação em tempo real recebe um programa com a programação de cada agente (geração de cada usina) do setor elétrico monitorado e demais informações contidas no PDO (Plano Diário Operacional). O ideal seria seguir o programado, mas ao longo do dia surgem situações que a equipe tem que estar preparada para responder, que levam a uma alteração do programado, pois o que estaria previsto não será atendido, então é preciso fazer alterações com o menor impacto no programado, mas procurando atender e manter o sistema funcionando obedecendo a necessidade de carga do dia. **Operar é garantir que o sistema vai funcionar seguindo um planejamento, mas estar preparado para que necessidades de mudança ao longo do dia podem acontecer e pode ser necessário realizar alterações.** O MPO (Manual de procedimentos de Operação) é um conjunto de regras que fornece na maioria das vezes os recursos necessários para que o operador realize passo a passo uma manobra realizando uma sequência de etapas que devem ser rigorosamente obedecidas.”

Outro engenheiro ao comentar sobre a importância no potencial de responder fez a seguinte observação:

“...certas situações levantadas no RDO às vezes limitam a capacidade de responder da equipe, por exemplo um problema identificado numa ocorrência identificada na manhã do dia é solicitado uma proposta de solução. Ao longo de todas as escalas do dia é aguardado uma solução, para que não aconteça novamente, a consequência é que, mesmo considerando que nem sempre existe solução para todas ocorrências, é praticamente certo que haverá reincidência do problema para a operação no dia seguinte, uma proposta de solução seria buscar uma resposta mais rápida dos problemas levantados em caráter emergencial pela operação”.

Um operador levantou que:

“... modificações não são uma questão relacionada à inteligência, mas à experiência, o que requer um tempo significativo. Além do que, o trabalhador precisa, muitas vezes, desconsiderar as instruções e as prescrições estabelecidas pela organização do trabalho. Ou seja, na “rapidez” está inclusa a decisão a tomar, o agir e a realização da atividade, de acordo com as normas prescritas ou normalizadas, e ainda, a existência de uma preocupação com o atendimento do objetivo daquela ação.”

Sempre que ocorre uma perturbação <sup>9</sup> a ANEEL exige que se faça uma avaliação do ocorrido e devem ser tomadas medidas para solução do problema e caso aconteça uma reincidência uma proposta de solução.

Em relação a esse potencial, as maiores diferenças foram observadas utilizando como base os resultados para setor de trabalho, cargo, e experiência foram: os resultados comprovaram que para os funcionários da atividade de pós operação as respostas aos eventos inesperados são insuficientes ou não ocorre na velocidade esperada (Q35) comparado ao pensamento dos demais setores. Para a equipe de tempo real a investigação posterior dos motivos quando acontece algo inesperado é menor (Q36) pelo fato de suas ações serem limitadas pelas características de suas atividades que foi confirmado com a percepção dos operadores que apresentaram o conhecimento de quem procurar numa eventual necessidade (Q34), eles ainda se sentem mais preparados para responder quando algo inesperado acontece (Q37), pois é uma característica da função e da equipe do setor. Os engenheiros menos experientes são os que consideram o MPO mais flexível e permitindo pequenos ajustes em relacionados a autonomia. Na visão dos operadores eles sabem a quem procurar numa situação inesperada, conseguem responder a essas situações em uma velocidade esperada (Q34 e Q35) e se julgam preparados para responder a eventos inesperados.

#### 4.4.1.2 POTENCIAL MONITORAR

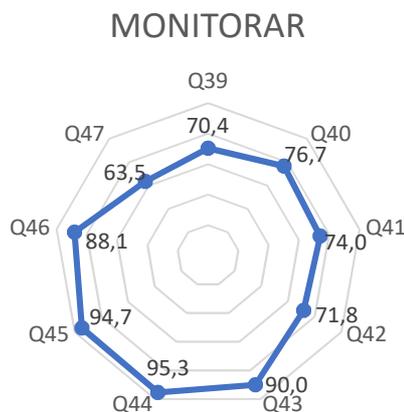
A figura 28 apresenta os resultados encontrados na pesquisa sobre o potencial de resiliência MONITORAR.

O monitoramento das atividades de controle das operações de sistema é uma característica exclusiva dos trabalhadores de tempo real (operadores e engenheiros). Os resultados são facilmente percebidos e apresentaram baixa variação. Se considerarmos a avaliação realizada pelos operadores que são todos desse setor, percebe-se ainda mais, médias altas nos resultados.

---

<sup>9</sup> Perturbação é uma ocorrência no SIN caracterizada pelo desligamento forçado de um ou mais de seus componentes, que acarreta quaisquer das seguintes consequências: corte de carga, desligamento de outros componentes do sistema, danos em equipamentos ou violação de limites operativos. <http://ons.org.br/paginas/conhecimento/glossario> em 02/12/2018

Figura 28 - Resultados para o potencial de resiliência monitorar



Fonte: Autor

As demais questões forneceram como resultados que o monitoramento do sistema elétrico atende o esperado na percepção dos trabalhadores envolvidos, mas existem algumas necessidades que sempre são levantadas, apesar da empresa fazer investimentos elevados na busca do controle de monitoramento de forma ideal que nem mesmo os profissionais idealizam o que seria. Existe uma boa relação entre os membros das equipes e sempre que necessário uma dificuldade é compartilhada para tentar uma solução conjunta, aliás é uma recomendação da empresa conforme afirma o engenheiro 1 confirmando o monitoramento e a característica de resiliência:

“Os membros da equipe de operação em tempo real têm um bom relacionamento interpessoal. Os mais experientes sempre orientam os mais jovens durante as atividades e existe uma solidariedade quando alguém tem uma demanda de caráter urgente, **quando toda equipe se reúne para a análise e resolução do problema. O mais importante é que os operadores sabem a quem pedir ajuda numa eventual necessidade e certamente terá seu pedido atendido.**”

A grande responsabilidade no desempenho das atividades pode comprometer o estado psicoafetivo do profissional devido a ansiedade produzida por situações consideradas como perigosas rotineiramente, com riscos de acidentes individuais e coletivos, ou ainda, com possibilidade de perdas em equipamentos de alto valor, ou ainda indisponibilidade da rede por motivos nos quais está pressuposta a responsabilidade do operador. Conforme recomendado pelo engenheiro 2:

“Essa situação que pode comprometer o estado psicoafetivo é considerada, mas é controlada. Para evitar esse tipo de consequência, por meio de uma vigilância constante na rotina laboral, utiliza-se para dar maior tranquilidade aos operadores **um monitoramento dos comandos realizados pelo registro no sistema**, e para uma maior segurança nas informações recebidas, o registro das conversas telefônicas são gravados e arquivados.”

As informações registradas permitem um controle mais apurado por parte da gerência conforme o Supervisor 1 comenta:

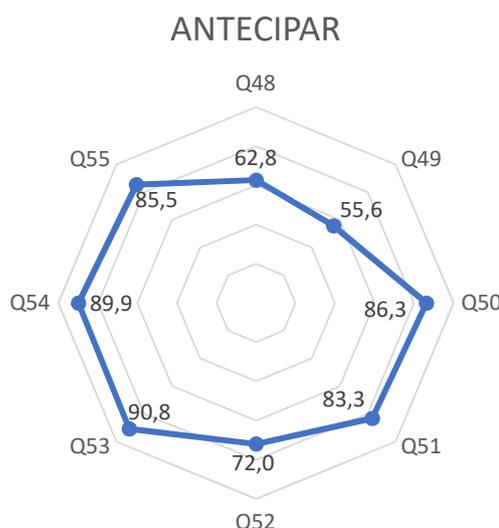
“[...] O erro dele é fatal. O sistema, hoje, ele é todo monitorado. Você não tem como escapular. A automação vigia ele segundo a segundo. O que ele faz tá gravado, tá registrado. A conversa dele tá gravada. [...] As ações dele no sistema computadorizado estão gravadas.”

Em relação a esse potencial, as maiores diferenças foram observadas utilizando como base os resultados para setor de trabalho, cargo e experiência foram: Os funcionários da pré- operação acreditam que os indicadores (Q39 e Q40) não são confiáveis ou os que existem são deficientes, já os operadores acreditam que os indicadores atendem ao esperado. Assim como os funcionários da pós operação por não trabalharem com monitoramento, avaliaram o conceito com menor relevância (Q42), os da operação em tempo real consideram as situações que possam causar problemas (Q41) com maior percepção por atuarem diretamente com monitoramento. Um ponto importante a ser destacado é que enquanto os mais experientes acreditam que o monitoramento não é o adequado, um grande percentual que possui menos experiência, avalia como adequado.

#### 4.4.1.3 POTENCIAL ANTECIPAR

A figura 29 apresenta os resultados encontrados na pesquisa sobre o potencial de resiliência ANTECIPAR.

Figura 29 - Resultados para o potencial de resiliência antecipar



Fonte: autor

A Q49 aborda o assunto sobre as futuras ameaças e oportunidade e apresentou uma média geral ( $M_{49}=56,6$ ). O resultado demonstra que elas deveriam ser mais disseminadas entre os trabalhadores e certamente ficam muitas vezes restritas ao conhecimento dos gestores. Quando

é avaliada à capacidade de antecipação de problemas na realização das atividades cotidianas o engenheiro 1 relatou que: “existe um consenso entre os colaboradores que eles são capacitados e possuem experiência para prever situações de risco.” Conforme mencionado pelo operador 6:

“... as situações neste setor solicitam mais que a imaginação alimentada por lembranças, **elas solicitam uma previsão do que pode estar por vir, uma antecipação.** Algo que, segundo gerência e operadores, requer certo tempo, pois dentro da sua atividade, o operador vai “viver para as situações”. A partir daí as situações começam a repetir, o que permite certa sedimentação dos procedimentos. O operador passa, então, a construir uma perspectiva sobre o que está por vir no próximo atendimento a ser realizado.”

O Operador 8 complementa dizendo:

“ele tá à distância, mas é como se ele tivesse no local. Ele tem que ter conhecimento. Conhecimento de equipamento, de subestação, conhecimento do sistema como um todo [...] saber mais ou menos onde está posicionado”.

A interação com o colega que assumirá sua posição no próximo turno é de crucial importância para o desenrolar da atividade. O operador precisa informar sobre o seu turno de trabalho para quem irá substituí-lo todas ocorrências diagnosticadas. Como a atividade se desenvolve no decorrer das 24 horas do dia, o próximo operador precisa, muitas vezes, continuar resolvendo situações pendentes. Apesar do próprio sistema já priorizar alguns atendimentos, por meio de uma hierarquia de eventos, o trabalhador precisa estar atento para os locais e quantidades de consumidores que possam estar comprometidos. Essa preocupação está diretamente relacionada com os indicadores de desempenho impostos pela ANEEL. Um engenheiro afirma: “[...] ele tá com o sistema todo, milhares de equipamentos, dezenas de instalações na mão dele e frequentemente, ele é chamado a decidir coisas [...]”. Além disso, conforme o Operador 6, por mais experiência que o trabalhador tenha, por mais próximo do perfil ideal que ele esteja, ainda assim:

“Nenhuma situação, nenhuma ocorrência é igual à outra”. Ou ainda: “Na energia elétrica, nunca um defeito é igual ao outro. Você tem uma base que te dá sustentação, uma coisa que pode acontecer, semelhante àquilo ali. Nunca é igual. Nesse ponto, não tem rotina”.

Por fim, destaca-se a fala de um supervisor:

“A experiência também proporciona ao trabalhador a percepção de que, quando certos tipos de alarmes, considerados simples, disparam muitas vezes no turno de trabalho, em uma dada região, é possível que ocorra alguma perturbação no sistema de energia. Essa possibilidade o leva a investigar o que está acontecendo, realmente naquele local – o que não consta em nenhum manual – num ato de antecipação.”.

Perguntado sobre o que o leva a tomar esse tipo de decisão, o Operador 11 responde: “É a minha experiência, pois isso pode indicar que algo de dimensões maiores está por acontecer”.

Eles aceitam os indicadores que possam comprometer a capacidade operacional (Q39) e conhecem as situações comuns que podem levar a problemas (Q41). Para os operadores as

ameaças (Q48) devem ser registradas e controladas e a equipe deve sempre estar preparada para antecipar uma ocorrência que possa causar um impacto de maior amplitude no sistema (Q54).

Em relação a esse aspecto, as maiores diferenças foram observadas utilizando como base os resultados para setor de trabalho, cargo, faixa etária e experiência apresentados na figura 41 foram: A equipe de tempo real considera que no seu setor existem indicadores (Q48) para avaliar ameaças e futuras oportunidades que atendem ao esperado, os demais setores discordam desse pensamento, segundo eles, existem, mas podem ser melhorados ou aperfeiçoados. Ao contrário desse pensamento a equipe de pós operação interpreta que (Q49) as ameaças e oportunidades deveriam ser mais divulgadas e consideram que pelo trabalho que desenvolvem a antecipação (Q51) de eventos indesejados não é tão eficaz quando comparado aos demais setores e que a antecipação (Q54) as ocorrências embora importantes não são o maior foco da equipe. A questão (Q55) que avalia a capacidade de antecipar as ocorrências, tem nos funcionários com idade mais alta (mais de trinta e cinco anos) uma consideração que nesse quesito a empresa está adequada e preparada caso o evento, venha a acontecer. Os mais experientes acreditam que a ameaça e oportunidades são dentro do possível, com relatou o engenheiro 3. A cultura organizacional de segurança, apresentou um baixo resultado no geral e o nível de antecipação de eventos indesejados é adequado conforme análise dos gráficos.

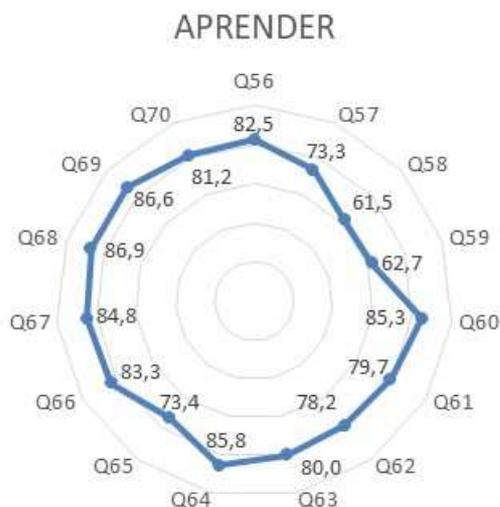
#### 4.4.1.4 POTENCIAL APRENDER

Nos quesitos avaliados cabe ressaltar que os funcionários sabem o que precisa ser relatado nos relatórios das atividades. Contudo, existe uma insatisfação quanto as investigações de situações relatadas, tendo sido apontado que o feedback dos levantamentos relatados está abaixo do considerado ideal pelos colaboradores envolvidos. Um engenheiro comentou que:

“... os operadores são motivados a descrever tudo o que ele percebeu e da forma que atenda às suas expectativas e os superiores são orientados a não os criticar, pois isso poderia gerar uma inibição e informações importantes poderiam ser desprezadas futuramente.”.

A figura 30 apresenta os resultados encontrados na pesquisa sobre o potencial de resiliência *aprender*.

Figura 30 - Resultados para o potencial de resiliência Aprender



Fonte: Autor

A questão 60, apresentou média ( $M_{70}=85,30$ ) significa que os recursos técnicos e humanos para a descrição dos relatórios foram considerados adequados e atendem a necessidade para o seu desenvolvimento.

Existe uma equiparação nas questões Q63 e Q64 que apresentaram médias ( $M_{63}=80$ ) e ( $M_{64}=85,8$ ). A diferença entre elas foi praticamente um consenso entre os engenheiros e os operadores que o aprendizado com o que “dá certo” e com o que “dá errado” com uma pequena margem de vantagem para o segundo. A exceção foi a equipe de pós operação que acredita que o aprendizado com os acertos não tem seu valor considerado e acreditam que os erros por trazerem um certo transtorno, deixam uma maior lição para a formação humana. O engenheiro 2 entrevistado comentou:

“Normalmente a grande maioria não valoriza os acertos, as vezes você conseguiu restabelecer o sistema de forma eficiente e utilizando seu aprendizado adquirido numa bagagem formada por anos de trabalho, esse trabalho tem o seu valor, porém não te o reconhecimento. Já para as situações nas quais acontece é dado um valor potencial para a falha e isso impacta os trabalhadores de tal forma que diversas ações, treinamentos etc. são realizadas, mas o único foco é evitar que a ocorrência se repita. Portanto os acertos na grande maioria das vezes são vistos como obrigação, e não tem o reconhecimento.”

Outro ponto importante de destaque foi a preocupação de todos em se unir em equipe para encontrarem uma solução e dividir as responsabilidades pela execução das tarefas. A grande maioria ( $M_{69}=86,6$ ) relatou que realmente assume seus erros, mesmo que ninguém tenha percebido, é importante que exista uma relação de confiança para que esse procedimento perdure entre os membros da empresa. Conforme já mencionado a operação de sistemas elétricos não sofreu muita alteração ao longo dos últimos anos e sempre que possível são

valorizados experiências e relatos dos que já vivenciaram muitas situações complicadas, embora a tecnologia de hoje forneça muito mais ferramentas para que o trabalho seja desenvolvido com maior eficiência. Os engenheiros são mais resistentes a buscar experiência de aprendizado com ocorrências que aconteceram no passado e quais foram os recursos para a solução dos problemas.

Em relação a esse potencial, as maiores diferenças foram observadas utilizando como base os resultados para setor de trabalho, cargo, faixa etária e experiência apresentados na figura 44 foram: o relato do RDO (Q56) é uma preocupação da equipe de pós operação, por ser uma das principais ferramentas de trabalho dessa equipe eles consideram que o preenchimento deste documento pode ser muito aperfeiçoado, mais detalhado e com mais informações. A equipe de tempo real (Q57, Q58 e Q59) acredita que as observações dos relatórios são investigadas num tempo aceitável e que receberam um treinamento para redigir o relatório para uma fácil compreensão, essas opiniões divergem do pensamento das outras equipes. Embora os procedimentos operacionais recomendem a descrição de todas as ocorrências ou anomalias do plantão (Q61) a pós-operação acredita que os relatos não são todos descritos ou poderiam ser mais detalhados. A pós operação avalia que o aprendizado tanto com os erros quanto com os acertos é menor quando comparados aos demais setores. Certamente por ter uma maior interação com os membros do mesmo setor de outras unidades de operação o compartilhamento de informações e aprendizado (Q65) tem um maior nível com a equipe de pós operação.

Finalizando os operadores tem um alto nível de aprendizado tanto com o que dá certo quanto com os erros (Q63 e Q64) são muito preocupados com o quase acidente (Q67) e valorizam o aprendizado de ocorrências e situações já vivenciadas (Q70).

Quando se avalia pela faixa etária destaca-se que os mais maduros têm uma preocupação maior em se antecipar as possíveis ocorrências (Q54) que o RDO é claro nos seus objetivos (Q56) e que os funcionários são motivados a escrever todas as anomalias observadas em seu plantão (Q61). Por último os mais experientes consideram que o RDO tem suas orientações bem definidas (Q56), que aprendem mais com o que dá certo (Q63) e estão preocupados com o quase acidente e reúnem a equipe para verificar a falha que o gerou. Importante ressaltar que o aprendizado não se resume a registrar a ocorrência, mas o que se faz com essa informação, por exemplo ela pode fornecer um suporte para aumentar o monitoramento e a antecipação de possíveis falhas.

#### 4.1.1.5 ANÁLISE DA CORRELAÇÃO ENTRE OS POTENCIAIS DE RESILIÊNCIA

A tabela 16 apresenta as correlações entre os grupos de questões para cada potencial. Os resultados apresentam boa relação linear entre todos os potenciais avaliados.

Tabela 16 - Tabela de correlação entre os potenciais de resiliência e as características de complexidade

<b>POTENCIAS DE RESILIENCIA</b>	<b>RESPONDER</b>	<b>ANTECIPAR</b>	<b>MONITORAR</b>	<b>APRENDER</b>
<b>RESPONDER</b>	1,00	0,96	0,90	0,84
<b>ANTECIPAR</b>	0,96	1,00	0,97	0,94
<b>MONITORAR</b>	0,90	0,97	1,00	0,98
<b>APRENDER</b>	0,84	0,94	0,98	1,00

Fonte: Autor

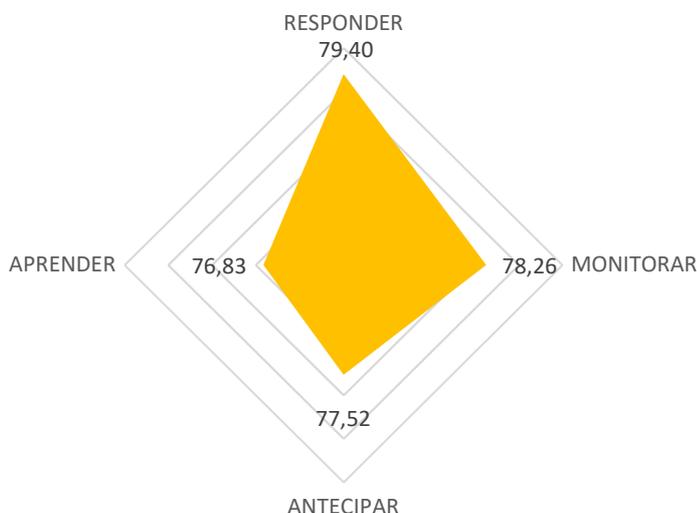
Pode-se afirmar que as questões sobre os potenciais de resiliência estão adequadas para a realização da avaliação desejada pois todos os potenciais apresentaram um forte nível de correlação umas com as outras.

#### 4.1.1.6 AVALIAÇÃO CONJUNTA DOS QUATRO POTENCIAIS DE SISTEMAS RESILIENTES

Como uma observação preliminar, pode-se notar como a empresa (o sistema) parece ser mais capaz de responder e monitorar, ao invés de antecipar e aprender. As diferenças foram muito baixas entre os potenciais, mas a análise das correlações demonstrou um alto valor de correlação entre os potenciais conforme já apresentado. A conclusão, obtida pela combinação de todos os julgamentos em cada nível, pode ser discutida mais em termos das categorias para cada potencial, como detalhado na Figura 31.

Figura 31 - Média agregados dos potenciais de resiliência

## RESULTADO MÉDIO AGREGADO PARA RESILIÊNCIA



Fonte: Autor

Combinando todos os julgamentos para cada nível pode-se discutir mais em termos de categorias para cada potencial, conforme a seguir:

I – Para o potencial responder, em relação a esse constructo, as maiores diferenças observadas pelos colaboradores foram que o MPO não é flexível, permitindo ajustes ou ações quando julgarem apropriado, mas a equipe tem segurança e sabe a quem procurar se precisa de ajuda;

II – Para o potencial monitorar, em relação a esse constructo, as maiores diferenças observadas pelos colaboradores foram que a organização deve ser capaz de detectar mudanças nas condições de trabalho que possam afetar sua capacidade de monitoramento e é comum o compartilhamento de informações relevantes entre os colegas e colaboradores por iniciativa própria.

III – Para o potencial antecipar, em relação a esse constructo, as maiores diferenças observadas pelos colaboradores foram que as futuras ameaças e oportunidades não são bem definidas e disseminadas para a equipe, por outro lado existe confiança na antecipação dos riscos, e nas ações, buscar sempre a segurança e o menor impacto possível aos clientes (agentes);

IV – Para o potencial monitorar, em relação a esse constructo, as maiores diferenças observadas pelos colaboradores foram a demora no feedback de situações críticas ao processo operacional e existe uma preocupação na revisão de todo os métodos de desenvolvimento do trabalho quando ocorre um quase acidente.

O RAG pode ser usado em primeiro lugar para determinar onde o sistema está; então, identificar onde o sistema deveria estar; finalmente, entender como o sistema pode atingir um status de destino. Nota-se que tanto a lista de eventos quanto o conjunto de respostas são

considerados adequados e que há recursos suficientes reservados para permitir que a organização responda (M=79,4) quando necessário. Os resultados para sua capacidade de monitoramento (M=78,26) apresenta um resultado satisfatório, assim como sua capacidade de antecipação (M=77,52) e de aprendizado (M=76,83). A organização deve olhar para os pontos fracos e fortes juntos e se esforçar para manter um equilíbrio adequado das funções que compõem os quatro potenciais, bem como os quatro potenciais em si. Seria um uso indevido do RAG, se apenas as baixas pontuações fossem abordadas ou abordadas isoladamente

Essa análise geral permite observações detalhadas, detectando quais potenciais contribuem principalmente para a resiliência geral. Por exemplo, em termos de aprendizado, os colaboradores acreditam que as lições com o que “dá errado” ainda são mais fortes com as que “dão certo”, mas também valorizam o aprendizado nas atividades do dia a dia. Sobre a capacidade de responder, o fato de os funcionários passarem por treinamentos rigorosos e obrigatoriamente por reciclagem periódica, além de acesso ao conhecimento a novas tecnologias trazem como resultado uma maior confiança de estar preparado para responder quando algo inesperado acontece.

Pode-se ainda, obter-se observações adicionais extraídas do RAG através de análise dos perfis dos entrevistados. Fazendo esse processo de análise pode-se identificar como os profissionais contribuem para a resiliência organizacional. Embora a amostra de entrevistados seja limitada (55 colaboradores) ela permite observações interessantes do comportamento conforme o setor de trabalho, cargo ou função desempenhada, faixa etária e experiência profissional. Dessa forma pode-se ter uma visão de como os funcionários contribuem diferentemente para a resiliência organizacional. As figuras 32 a 35 fornecem as informações necessárias para uma avaliação mais criteriosa de cada perfil e com isso sua contribuição para a resiliência organizacional.

Os gráficos de cada potencial com seu respectivo perfil apresentam as situações onde não foram encontrados resultados ou médias satisfatórios. Considerando que na média os potenciais apresentaram um rendimento de 75%, usando esse valor como padrão e ponto de partida da avaliação, deve-se procurar os resultados que ficaram abaixo e adotar medidas para um processo de recuperação para elevação desse conceito; e os que apresentaram resultados satisfatórios devem ser usadas técnicas para que eles se mantenham, ou se for possível que melhorem, dessa forma os indicadores dos potenciais irão apresentar uma melhora generalizada numa avaliação futura.

O objetivo do RAG é fornecer uma caracterização (ou perfil) bem definida de uma organização que possa ser usada para gerenciar e desenvolver os potenciais de uma organização

para um desempenho resiliente. O RAG destina-se a ser aplicado regularmente para acompanhar como uma organização muda e se desenvolve. Ele pode, portanto, ser usado para monitorar mudanças, que é um pré-requisito para poder gerenciar o nível de desempenho da corporação.

Para os gráficos das figuras 32 a 35 foi feita uma escala decimal das médias obtidas inicialmente nas avaliações, ou seja, todos os resultados tiveram seu valor dividido por 10 para facilitar a percepção das comparações entre as variáveis de cada perfil ficando então numa escala de 0 (zero) a 10 (dez).

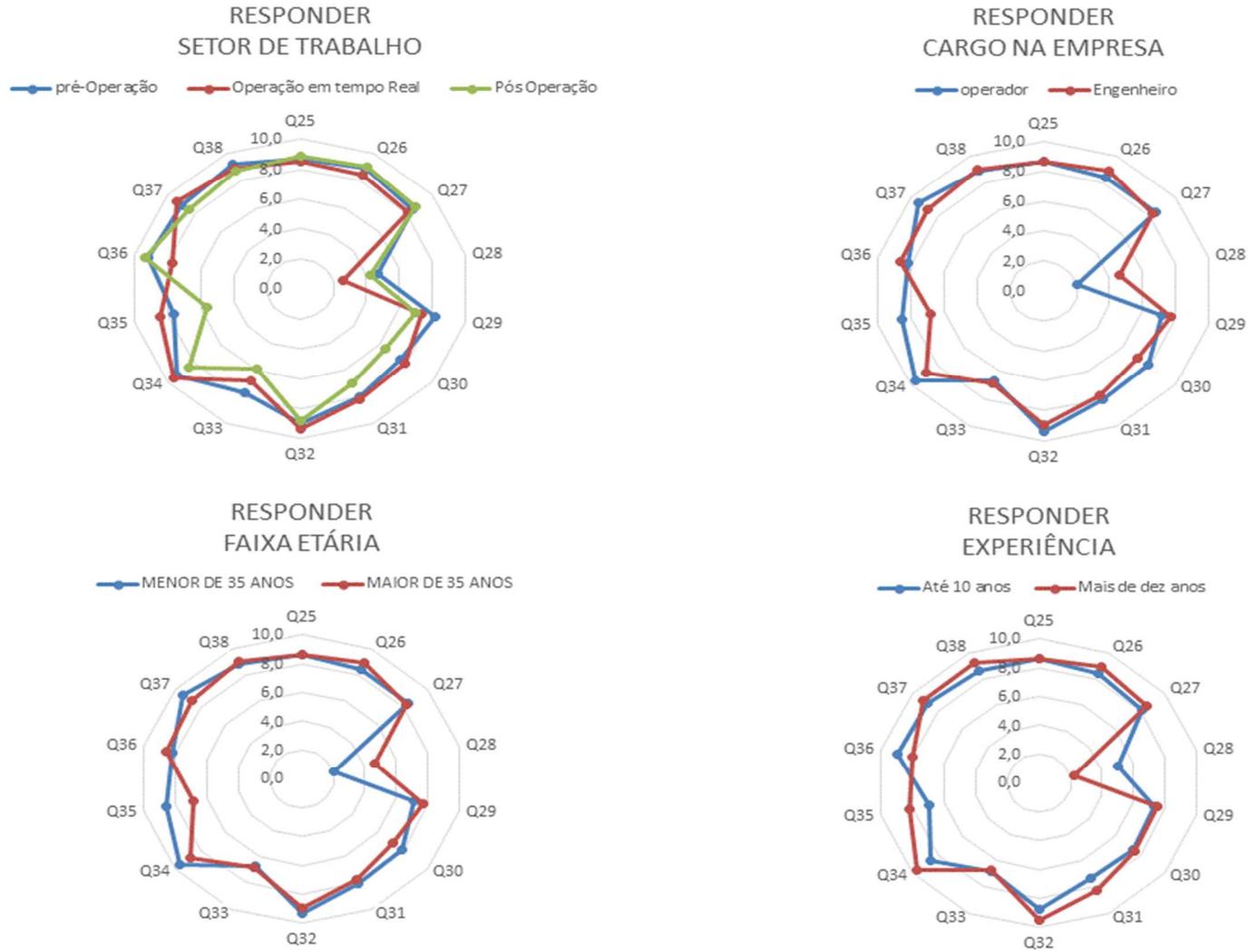
Na figura 32, que aborda o potencial responder, na função setor de trabalho observa-se que a equipe de tempo real tem um poder de resposta menor, associado a característica da função de avaliação do processo operacional, não tendo como atuar antes ou durante de uma ocorrência. Fica nítida que o poder de autonomia e de responsabilidade do engenheiro o diferenciam nesse potencial, a faixa etária e a experiência não possuem diferenças relevantes a serem destacadas.

Na figura 33, que aborda o potencial monitorar, fica clara o maior destaque da operação em tempo real e dos operadores que atuam neste setor, a faixa etária não é fator determinante e a experiência, conforme esperado se sobrepõe na capacidade de monitorar.

Na figura 34, que aborda o potencial antecipar, fica muito equivalente ao potencial de monitorar. O maior destaque da operação em tempo real, por uma maior necessidade de antecipação dos operadores, a faixa etária não é fator determinante e a experiência, conforme também esperado se sobrepõe na capacidade de antecipação as situações e suas consequências.

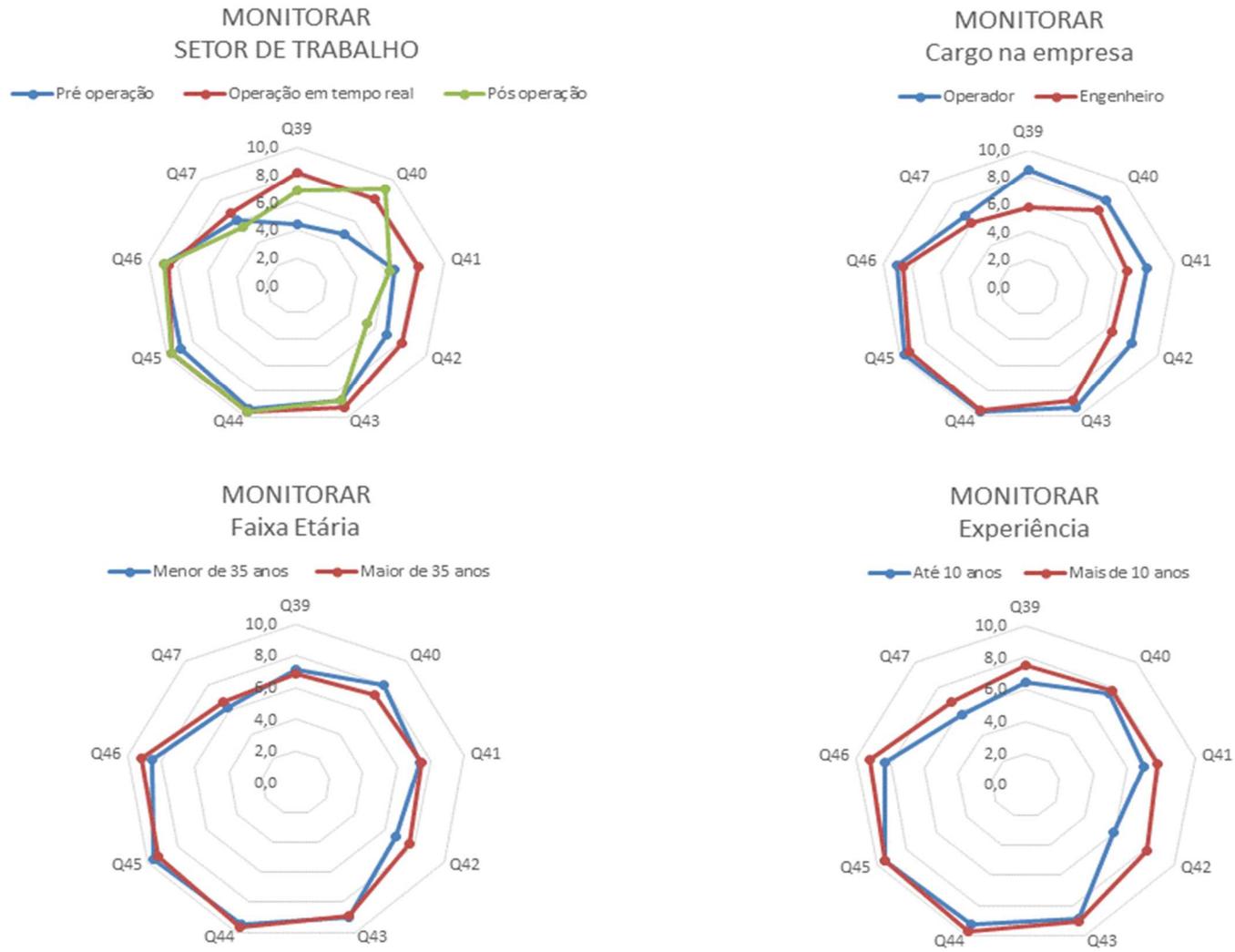
Na figura 35 aborda o potencial aprender. O maior destaque está na equipe de pré-operação, por uma maior oportunidade de aprendizado diário dos colaboradores juntamente com a equipe de tempo real, a faixa etária não é fator determinante e a experiência, conforme também esperado se sobrepõe na capacidade de um melhor aproveitamento das lições e por consequência do aprendizado.

Figura 32 - Gráfico para o potencial responder conforme o perfil do entrevistado



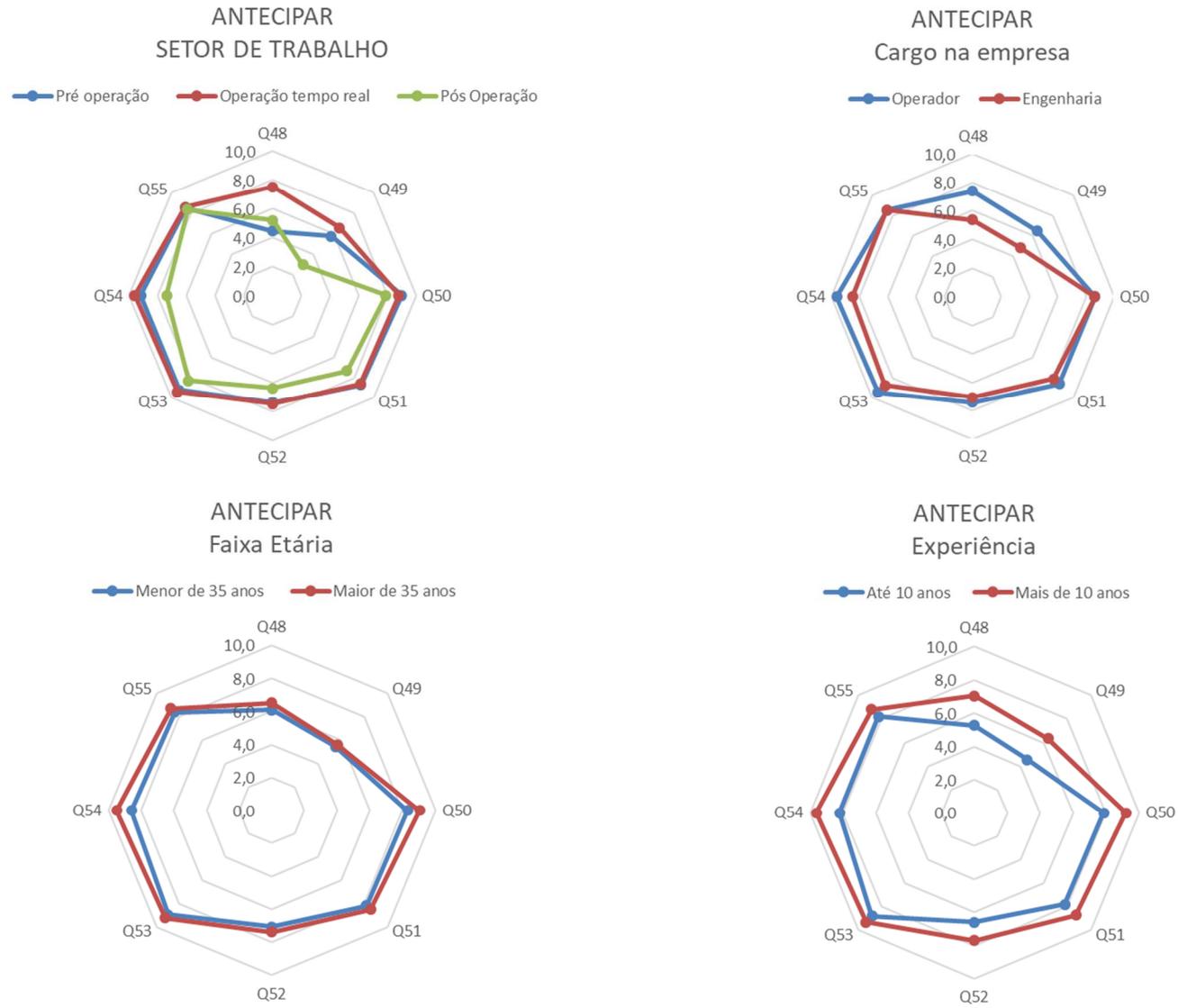
Fonte: Autor

Figura 33 - Gráfico para o potencial monitorar conforme o perfil do entrevistado



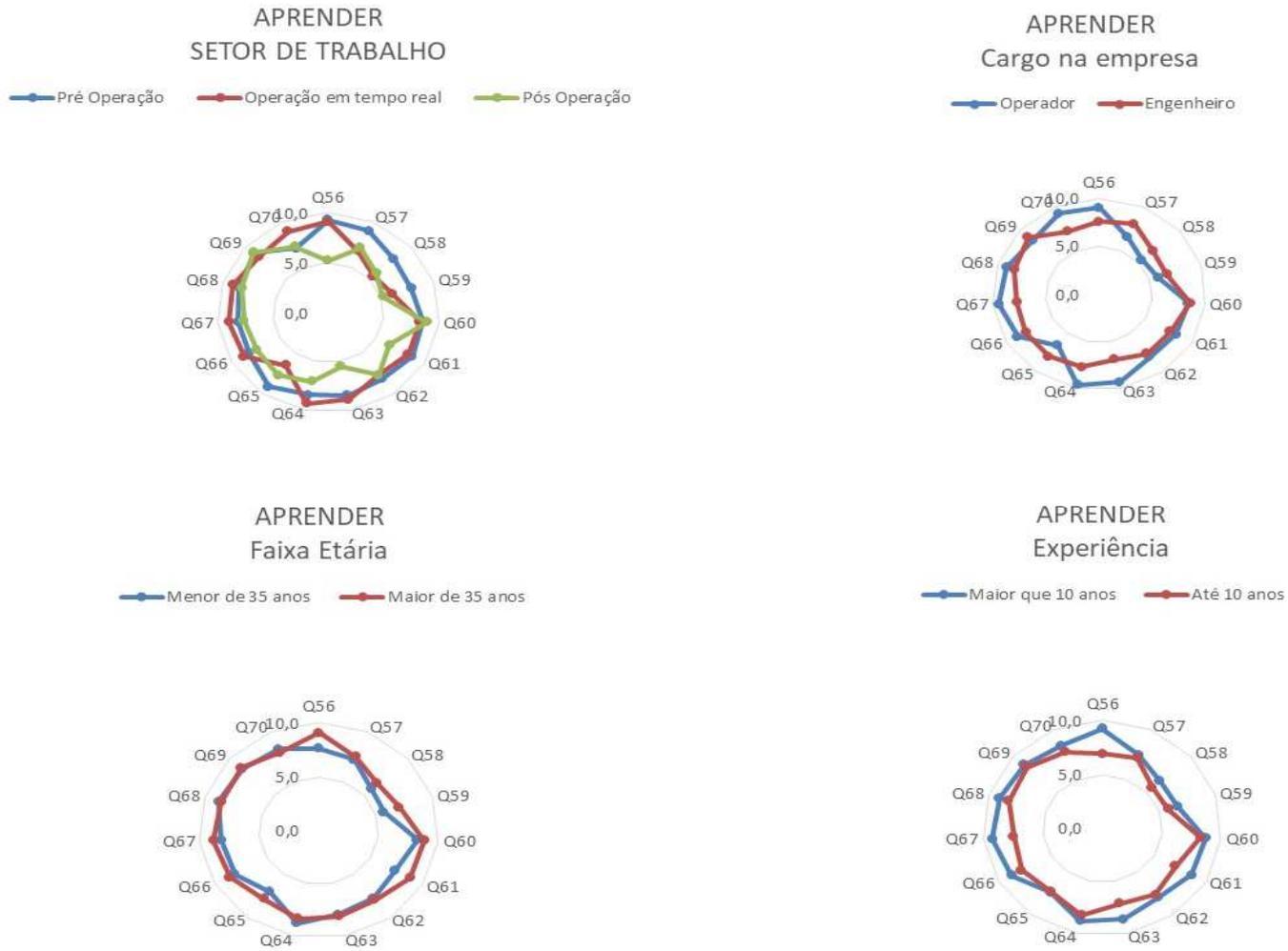
Fonte: Autor

Figura 34 - Gráfico para o potencial antecipar conforme o perfil do entrevistado



Fonte: Autor

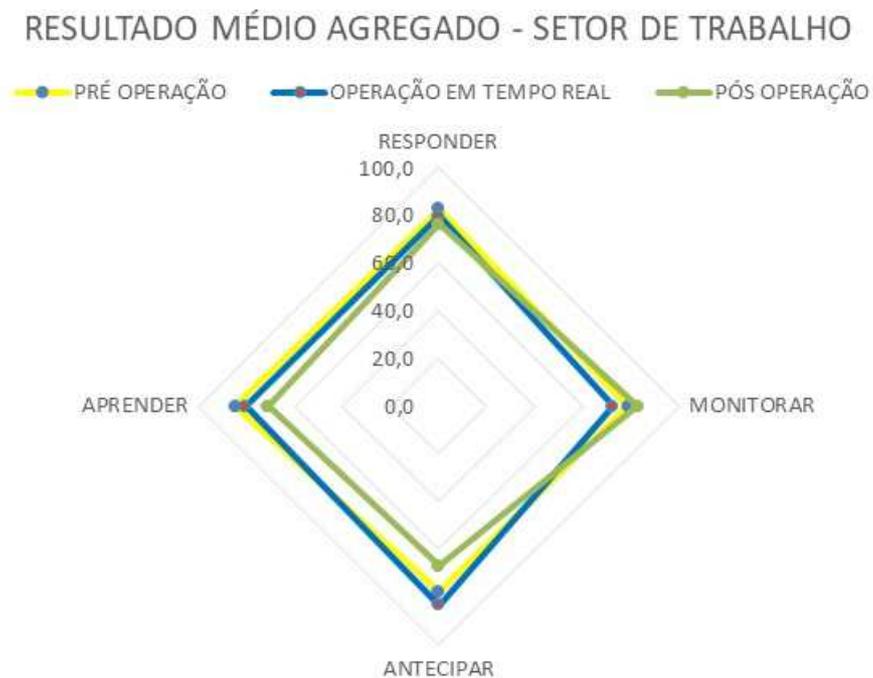
Figura 35 - Gráfico para o potencial aprender conforme o perfil do entrevistado



Fonte: Autor

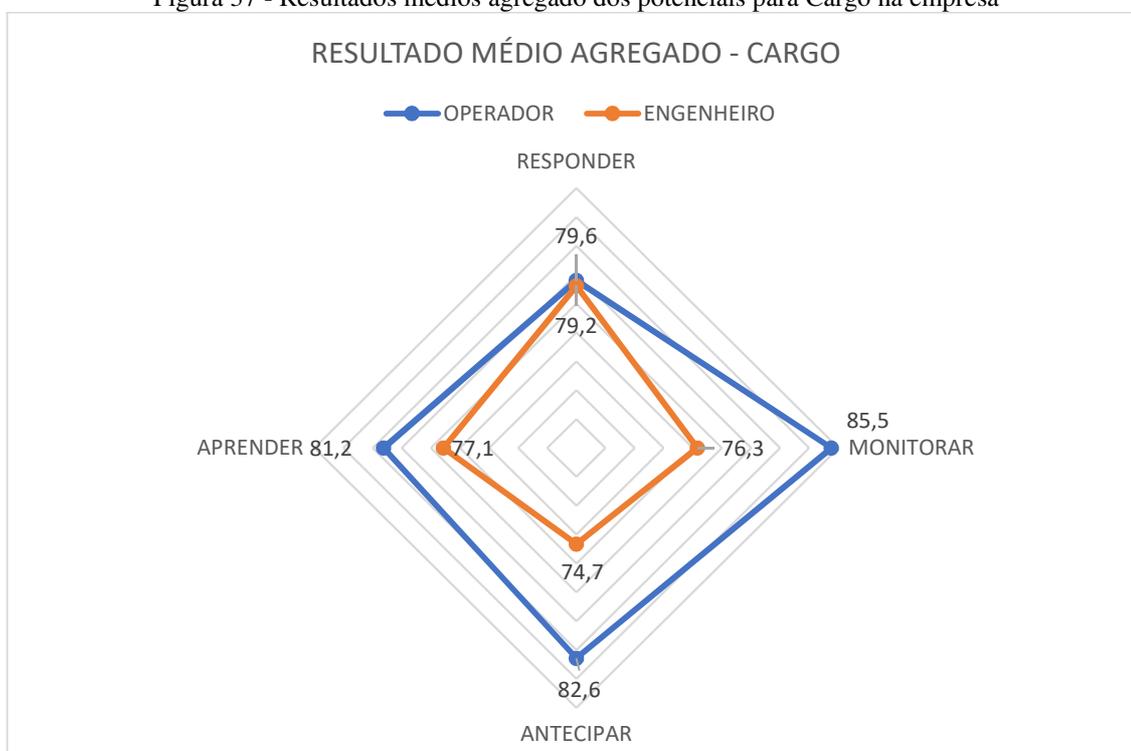
Nos gráficos das figuras 36 a 39 foram mantidas as escalas originais para uma melhor visualização da resiliência agregada.

Figura 36 - Resultados médios agregado dos potenciais para Setor de Trabalho



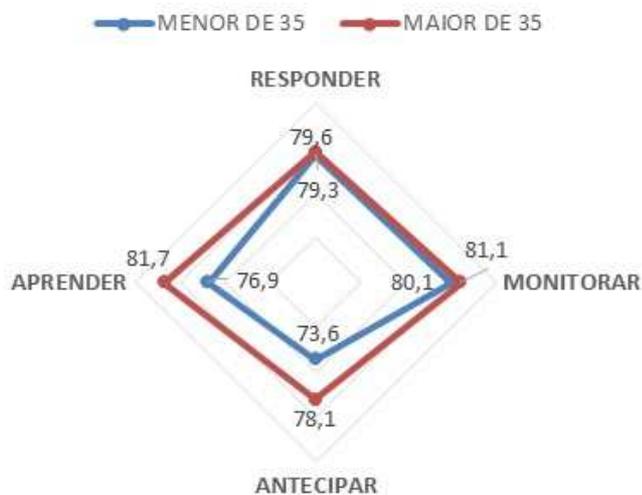
Fonte: Autor

Figura 37 - Resultados médios agregado dos potenciais para Cargo na empresa



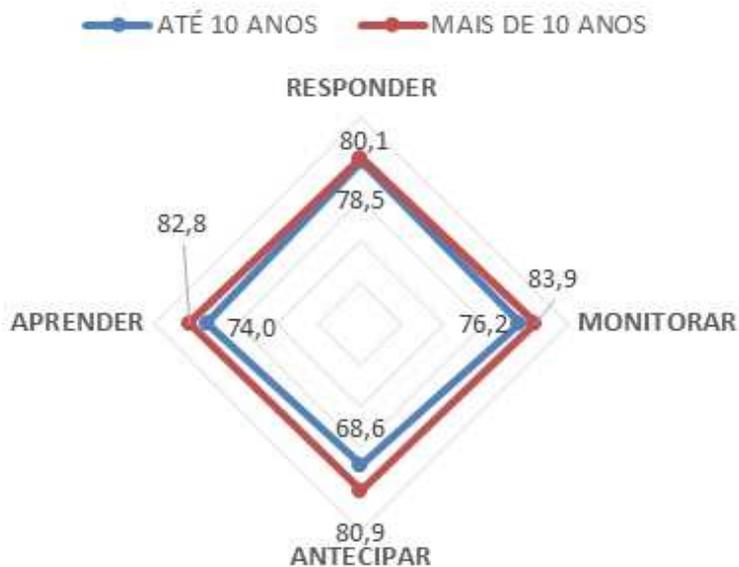
Fonte: Autor

Figura 38 - Resultados médios agregado dos potenciais para Faixa Etária

**RESULTADO MÉDIO AGREGADO - FAIXA ETÁRIA**

Fonte: Autor

Figura 39 - Resultados médios agregado dos potenciais para Experiência

**RESULTADO MÉDIO AGREGADO - EXPERIÊNCIA**

Fonte: Autor

As figuras 36 a 39 demonstram a resiliência agregada e apresentaram alguns resultados que valem ser destacados sua percepção, são eles:

- i - A pré-operação é mais forte no potencial aprender e responder, o tempo real se destaca em monitorar e antecipar; e a pós operação em monitorar e responder;
- ii – Os operadores por serem do tempo real se destacam em monitorar e antecipar, já os engenheiros se destacam em responder e aprender.

iii – Os mais jovens se destacam em monitorar e responder, já os maiores de 35 anos em aprender e monitorar;

iv- Os com menos experiência contribuem no potencial aprender e monitorar, já os mais experientes em monitorar e antecipar.

Vale destacar que o RAG forma os potenciais como funções constituintes e não como habilidades separadas. Isso permite que para cada função e os meios para implantá-la ou aperfeiçoá-la poderão ser desenvolvidos não somente baseada em custos, mas também na sua especificidade e risco. Importante ainda destacar que não existe um modelo padrão de RAG, cada organização deverá fazer a adequação dos potenciais ao seu respectivo perfil de atividades (HOLLNAGEL, 2017).

No âmbito da engenharia de resiliência para gerenciamento de segurança, sugere-se uma abordagem para medir a resiliência por meio do RAG, uma ferramenta baseada em questionário baseada nos quatro potenciais da resiliência. Como a resiliência é uma propriedade do sistema e é estritamente dependente de suas características, a teoria da engenharia de resiliência ainda não prescreve um significado padrão dos quatro potenciais ou até mesmo qual seria o ponto de equilíbrio ou proporção desejada entre eles.

O resultado da análise da ferramenta RAG, apresenta um conjunto de perguntas de sondagem, que pode ser utilizado em diferentes domínios, como uma ferramenta de suporte em uma ação gerencial mais ampla orientada, podendo dessa forma, proporcionar ao gerenciamento de segurança e uma base comprovada de dados que justifiquem investimentos dos acionistas da organização nessa abordagem conseguindo o desenvolvimento de um ambiente de trabalho seguro, saudável e eficiente.

#### 4.4.2 AVALIAÇÃO DOS POP E SUAS LACUNAS

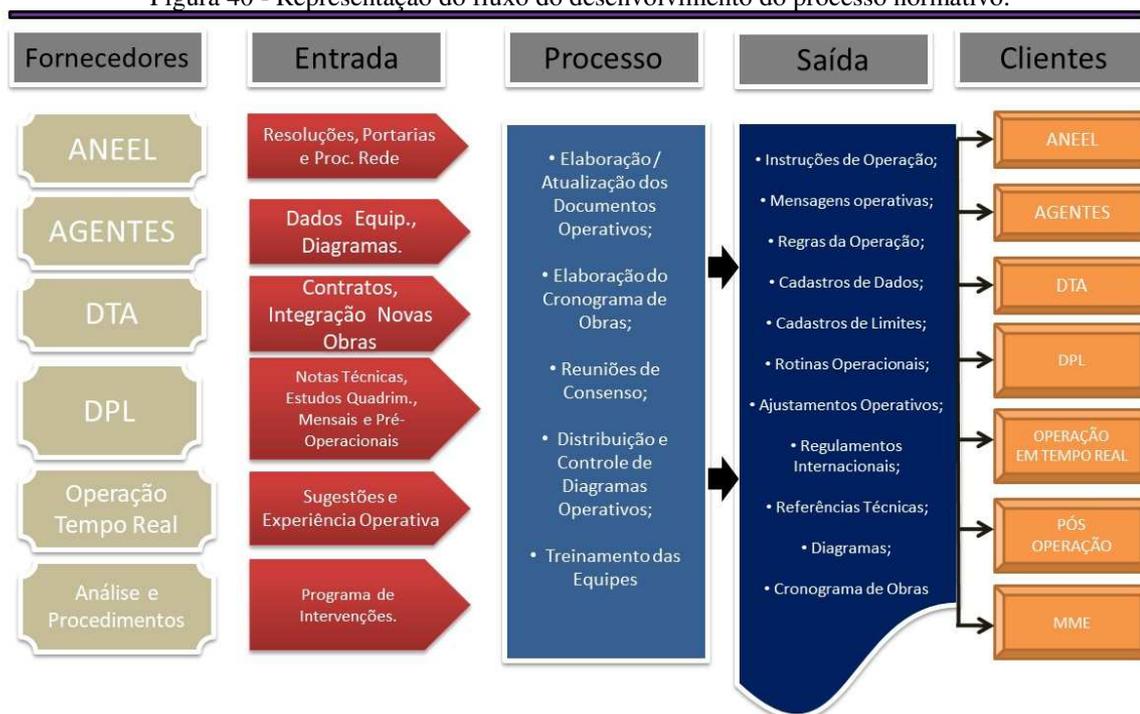
Os POP fundamentam-se em importante acervo de conhecimento especializado e concentram volumoso conjunto de informações necessárias, e mesmos indispensáveis, para que as entidades envolvidas na operação do SIN possam exercer plenamente as atribuições de planejamento e programação da operação eletroenergética, de supervisão e controle da operação do sistema em tempo real e de administração da transmissão. Os POP são documentos que estabelecem as sistemáticas e os requisitos técnicos necessários ao exercício, no âmbito do SIN. Esses documentos estabelecem também as responsabilidades do ONS e dos agentes. Sua avaliação na visão da engenharia de resiliência contribuí para que a empresa possa compreender

uma das bases do estudo da resiliência que é variabilidade no desempenho ao invés de bimodalidade.

#### 4.4.2.1 DESCRIÇÃO DO PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Os procedimentos operacionais são desenvolvidos seguindo uma lógica sequencial que pode ser representada pelo diagrama na figura 40 que representa o processo normativo.

Figura 40 - Representação do fluxo do desenvolvimento do processo normativo.



Fonte: ONS, 2018

Os fornecedores das informações ou insumos são a ANEEL, os Agentes, DTA (Diretoria de TI, Relacionamento com Agentes e Assuntos Regulatórios (DTA), DPL (Diretoria de Planejamento), a operação em tempo real e a Análise de Procedimentos.

As informações de entrada são respectivamente:

- I – Resoluções, portarias e procedimento de rede;
- II – Dados equipamentos e diagramas;
- III – Contratos, Integração e Novas Obras;
- IV – Notas Técnicas, Estudos quadrimestrais, Mensais e pré-operacionais;
- V – Sugestões e Experiência Operativas;
- VI – Programa de Intervenções.

Os processos/documentos gerados são:

- a) Elaboração/atualização dos documentos operativos (Necessita das informações I, IV, V e VI) e gera como saída (Instruções de Operação, cadastro e mensagens operativas, cadastro de dados, cadastro de limites e rotinas operacionais);
- b) Elaboração e cronogramas de obras (Necessita de I, III, IV e V) e gera como saída o cronograma de obras e ajustes operativos;
- c) Reuniões de consenso (Necessita de I, III e IV) e gera regulamentos e referencias técnicas;
- d) Distribuição e controle de diagramas Operativos (Necessita das informações I, II, IV e V) e gera como saída os diagramas operativos;
- e) Treinamento de equipes (Necessita de documentos operativos e Diagramas operativos) e gera de saída equipe de tempo real treinada em documento normativo.

Entre as principais atividades do setor de análise e procedimentos da operação está a elaboração e revisão do MPO (Manual de Procedimentos Operacionais). Periodicamente são revistos os seguintes documentos:

- Instruções de Operação (IOs):
  - ✓ Operação Normal
  - ✓ Esquemas Especiais
  - ✓ Preparação de Manobras
  - ✓ Operação em Contingência
  - ✓ Recomposição de Rede
  - ✓ Operação de Instalações
  - ✓ Controle de Geração
  - ✓ Operação de Reservatório
- Cadastros de Instalações
  - ✓ Limites de Equipamentos
  - ✓ Dados de Equipamentos
- Mensagens Operativas (MOP)
- Demais atividades do processo normativo.

#### 4.4.2.2 DESCRIÇÃO DO MPO

Utilizou-se como modelo para análise o MPO, que é o módulo 10 dos procedimentos de Rede, identificado a partir das funções críticas apontadas pelo FRAM, e também por ser considerado por toda equipe de operação como o documento de maior relevância para o processo de controle do sistema operacional. Seu objetivo é regulamentar as atividades de

normatização, pré-operação, operação em tempo real e pós-operação; estabelecer os conceitos das redes do SIN necessárias ao cumprimento das atribuições do ONS; conceituar e estabelecer as regras de operação, as instruções de operação, as mensagens operativas, as rotinas operacionais, os cadastros de informações operacionais, os ajustamentos operacionais e os regulamentos internacionais; e definir a organização da operação quanto à hierarquia funcional e operacional, estabelecendo os níveis de autoridade, as atribuições, as responsabilidades e a área de atuação que envolvem (ONS, 2018).

Os Submódulos<sup>10</sup> de 10.1 a 10.17 dos Procedimentos de Rede MPO são documentos que contêm as regras operacionais, onde constam as premissas, os conceitos básicos, às diretrizes, os critérios e as responsabilidades do ONS e Agentes de Operação para a operação do SIN. Cada Regra de Operação é um Submódulo dos Procedimentos de Rede. Os Submódulos de 10.1 a 10.17 definem processos que são detalhados nos Submódulos de 10.18 a 10.22, sendo que eles contêm os documentos operacionais do MPO onde constam os procedimentos aplicados às atividades de tempo real e às atividades específicas de normatização, pré-operação, pós-operação, bem como às atividades de caráter geral. Pelo seu caráter operacional e face a sua dinâmica, as edições e revisões dos documentos operacionais contidos nos Submódulos 10.18 a 10.22 não são submetidos à aprovação da ANEEL, sendo elaboradas e aprovadas pelo ONS, com a participação dos agentes de operação envolvidos e em estrita observância ao conteúdo dos Submódulos de 10.1 a 10.17. A Rotina Operacional “ROMP.BR.02 Elaboração, revisão, distribuição e implantação dos documentos operacionais” detalha os procedimentos adotados na revisão destes documentos. Os submódulos de 10.18 a 10.22 são organizados de forma adequada às áreas de atuação dos centros sendo seus documentos constituintes vinculados a uma regra de operação dos submódulos de 10.1 a 10.17. A indexação e a numeração dos documentos dos Submódulos 10.18, 10.19, 10.20, 10.21 e 10.22 do MPO deve ser exclusiva de cada documento, vinculada a uma regra de operação constante no Submódulo 10.22, codificada de forma a facilitar a utilização desses documentos pelas equipes de operação de sistema e de instalação. O submódulo 10.1<sup>11</sup> - conceituação geral, apresenta como anexo a Estrutura e conteúdo do MPO conforme a tabela 17 e faz uma descrição do objetivo dos demais submódulos que compõe o MPO.

---

<sup>10</sup> Filosofia e lógica dos documentos operacionais do MPO, 2014, 17 pg.

<sup>11</sup>[http://www.ons.org.br/%2FProcedimentosDeRede%2FM%C3%B3dulo%2010%2FSubm%C3%B3dulo%2010.1%2FSubm%C3%B3dulo%2010.1\\_Rev\\_1.1.pdf](http://www.ons.org.br/%2FProcedimentosDeRede%2FM%C3%B3dulo%2010%2FSubm%C3%B3dulo%2010.1%2FSubm%C3%B3dulo%2010.1_Rev_1.1.pdf)

Tabela 17 - Estrutura e conteúdo do MPO – Módulo 10 dos Procedimentos de Rede

MODULO 10 – MANUAL DE PROCEDIMENTOS DA OPERAÇÃO – MPO	Estabelece:	Geral	Pré-operação	Tempo real	Pós-operação
	Conceitos princípios e funções	<b>10.1- Manual de Procedimentos da Operação: conceituação geral</b>			
Premissas, diretrizes, critérios e responsabilidades	<b>Regras de operação</b> <b>10.2</b> – Hierarquia operacional <b>10.3</b> – Relacionamento operacional <b>10.13</b> – Confirmação da capacidade de geração de unidades geradoras <b>10.14</b> – Requisitos operacionais especiais para os centros de operação, subestações e usinas da rede de operação	<b>Regras de operação</b> <b>10.4</b> – Elaboração do Programa Diário da Operação	<b>Regras de operação</b> <b>10.5</b> – Execução de intervenções <b>10.6</b> – Controle da geração em operação normal. <b>10.7</b> – Controle da transmissão em operação normal. <b>10.8</b> – Operação hidráulica dos sistemas de reservatórios <b>10.9</b> – Operação em contingência. <b>10.10</b> – Gerenciamento da carga. <b>10.11</b> – Recomposição da rede de operação após perturbação <b>10.12</b> – Operação das instalações da rede de operação.	<b>Regras de operação</b> <b>10.15</b> – Triagem de ocorrências e perturbações <b>10.16</b> – Dados e informações para contabilizações	
Procedimentos e atividades	<b>10.22</b> – Rotinas operacionais - gerais <b>10.19</b> – Regulamentos internacionais <b>10.18</b> – Cadastros de informações operacionais	<b>10.22</b> – Rotinas operacionais - pré-operação	<b>10.21</b> – Instruções de operação e mensagens operativas. <b>10.20</b> – Ajustamentos operativos entre o ONS e agentes da operação	<b>10.22</b> – Rotinas operacionais - pós-operação	
<b>10.17</b> – Padronização e revisão do Manual de Procedimentos de Operação					

Fonte: Manual de Procedimento de Redes do ONS

#### 4.4.2.3 DOCUMENTOS OPERACIONAIS DO MPO<sup>12, 13</sup>

Os documentos operacionais do MPO são:

- (a) Instrução de Operação;
- (b) Mensagem Operativa;
- (c) Rotina Operacional;
- (d) Regulamento Internacional;
- (e) Ajustamento Operativo; e
- (f) Cadastro de Informações Operacionais.

As Instruções de Operação constituem o Submódulo 10.21 e são documentos do MPO que se aplicam aos processos de tempo real. Nelas são detalhados os procedimentos a serem seguidos pelas equipes de tempo real dos centros de operação do ONS e dos agentes de operação, para a operação da rede de operação. As Mensagens Operativas também fazem parte do Submódulo 10.21 e são documentos que alteram ou complementam, em caráter de urgência ou temporário, as instruções de operação. As Rotinas Operacionais constituem o Submódulo 10.22 sendo um detalhamento dos processos e de suas respectivas atividades das áreas de tempo real, normatização, pré-operação e pós-operação bem como de alguns processos de caráter geral e de infraestrutura. As Rotinas Operacionais foram organizadas nos seguintes conjuntos: De aplicação Geral, na Pré e Pós-Operação e as de Requisitos de Tele supervisão para a Operação. Os Regulamentos Internacionais constituem o Submódulo 10.19 e são documentos estabelecidos entre o ONS e os agentes de outros países relativos a interligações internacionais ou supranacionais. Contem procedimentos relativos às atividades de pré-operação, tempo real e pós operação. Os Ajustamentos Operativos constituem o Submódulo 10.20 e são documentos firmados entre o ONS e outros agentes de operação, referentes a instalações e/ou equipamentos localizados fora da rede de operação, porém com influência no desempenho operacional dessa rede. Nesses documentos podem ser estabelecidos procedimentos operacionais para intervenções, para as atividades de normatização, de pré-operação, de tempo real e de pós-operação, bem como procedimentos, diretrizes e requisitos para a hierarquia operacional, relacionamentos operacionais, teles supervisão e comunicação para as instalações, além de outros assuntos de interesse da operação do sistema. Os Cadastros de Informações Operacionais constituem o Submódulo 10.18 e são documentos que contém:

---

<sup>12</sup> Filosofia e lógica dos documentos operacionais do MPO, 2014, 17 pg.

<sup>13</sup><http://ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/vigentes>  
<http://ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/mpo>

- (a) a relação dos equipamentos e linhas de transmissão que compõem a rede de operação e de Supervisão;
- (b) na rede de operação, os limites operacionais, as restrições operativas dos equipamentos e Linhas de Transmissão e a relação das instalações estratégicas;
- (c) os volumes de espera, restrições hidráulicas dos reservatórios e respectivas bacias; e outros dados necessários à operação da rede de operação.

#### 4.4.2.4 AVALIAÇÃO DOS POP DO MPO.

O documento base para avaliação dos procedimentos operacionais foi o MPO. Quando avaliado pelos profissionais do setor de tempo real conforme a tabela 19 consideraram que o método, procedimentos de trabalho descritos e sua atualização estão adequados aos tipos de operação. Na visão dos colaboradores os procedimentos e métodos se enquadram em como o trabalho é executado (*work as done*), porém é um consenso praticamente geral que o documento não é flexível, e conforme relata o engenheiro responsável por sua atualização, nem deve ser. O engenheiro 5, esclareceu:

“Cada profissional tem seu nível de autonomia e, sabe que se for necessário, alterar os procedimentos para evitar um problema ou dano maior é uma de suas atribuições. Um operador, supervisor ou engenheiro tem autonomia para alterar os procedimentos recomendados pelo MPO, porém a partir desse ponto ele tem a responsabilidade pelas ações que foram tomadas e suas consequências.”

A equipe de operação em tempo real questionou o nível de exigência do MPO, e destacou que o nível de autonomia pode ser melhorado. Tratando-se de um documento que detalha o “como fazer”, as Rotinas Operacionais devem ser simples e objetivas, evitando, textos longos e sempre que possível responder explicitamente às seguintes questões: O quê? Quando? Onde? Por quê? Como? ou incluam fluxogramas que detalhem os procedimentos. Não devem ser explicitados sistemas de suporte (aplicativos computacionais) em uso pelos Centros de Operação do ONS porque a principal prioridade a ser considerada na estruturação das rotinas operacionais é o atendimento das necessidades dos seus usuários.

Nos POP (Procedimentos Operacionais Padronizados) do MPO toda avaliação de operações é realizada no escopo do planejamento e seus resultados fornecidos para o ambiente de tempo real na forma de Instruções Operativas (IO). Existem dois principais motivos para que o procedimento operacional tenha se desenvolvido dessa forma. O primeiro é que não existia, no passado, tecnologia disponível para alterar esse procedimento de forma rápida, com a velocidade e precisão na divulgação da informação aos agentes. O segundo é que existiam

mais recursos disponíveis para a expansão da rede elétrica, tornando as condições operativas mais “confortáveis” que as atuais. Por exemplo, operava-se o sistema com maiores margens de segurança, devido a isso, a análise de poucas situações, eram suficientes para se determinar às condições mais extremas de operação. Entretanto, atualmente, os sistemas elétricos aumentaram consideravelmente sua complexidade e operam em condições mais críticas, o que dificulta a avaliação da segurança operacional. Por este motivo, a avaliação pontual, para um caso de carga pesada, por exemplo, não cobre a maioria dos cenários operativos de tempo real o que deixa a confiabilidade do sistema comprometida, devido à probabilidade de ocorrerem em tempo real, condições de operação e situações de emergência não-previstas nas IO. Por outro lado, a avaliação de todos cenários e contingências é impraticável devido à complexidade e a explosão combinatória de eventos. A consequência seria uma sobrecarga muito alta para as equipes de planejamento da operação, sem que se possa garantir uma cobertura para todas as condições possíveis do trabalho em tempo real.

A avaliação dos POP do MPO foi realizada conforme a proposta de Saurin, et al (2015):

(i) **as metas da atividade:** Eles possuem essa informação bem definida em sua descrição, pois, todo documento tem na sua descrição o objetivo central descrevendo “o que está sendo detalhado?” e “Por que a rotina é executada?”; e quais as premissas devem ser obedecidas no seu desenvolvimento. Quem estabelece as metas é a ANEEL, por exemplo, de restabelecimento de sistema em caso de desligamento, o ONS estabelece como deverá ser procedida a ação para que isso aconteça. O Engenheiro 8 fez a seguinte explicação de apuração de uma situação:

“O ONS supervisiona e coordena o sistema elétrico. Uma de suas funções é apurar todas as ocorrências que acontecem no sistema e fiscalizar tudo que aconteceu. Numa situação um agente solicitou o desligamento de um equipamento para manutenção. Ao retornar com esse equipamento para a rede, o operador do COS autoriza a execução da manobra e o Agente responsável tem um tempo de até 5 minutos para a executar por legislação vigente da ANEEL. Desligamento de forma programada, tem uma punição mais branda, desligamento em emergência uma punição de nível médio e urgente uma penalização mais severa. A partir do momento que o equipamento é desligado por qualquer motivo o proprietário deixa de receber por sua utilização e enquanto durar o desligamento, sendo que ele só pode reinseri-lo na rede quando autorizado pela ONS. Para que isso ocorra, precisa ser realizada toda uma análise do impacto que pode ser causado, e após isso, é feito toda uma preparação para que isso aconteça, sendo que a partir do momento da autorização fornecida pela ONS o agente tem que respeitar o prazo para realizar a manobra necessária, caso ele demore mais tempo, ele será novamente penalizado pois pode comprometer todos outros agentes envolvidos nessa execução. Portanto ele é penalizado pelo desligamento, pelo período de indisponibilidade e se for o caso por não restabelecer o equipamento no período acordado.”

(ii) **as entradas e condições mínimas necessárias para iniciar a atividade:** Cada submódulo de MPO é composto do procedimento a ser executado, seu objetivo e item de controle. Define ainda quem coordenará, controlará e executará cada etapa, pois existem vários agentes

envolvidos. Ele detalha para a rotina operacional, no que se refere às suas entradas, requisitos, produtos elaborados, interações necessárias e saídas, procurando sempre responder as seguintes questões:

- Como o processo é executado;
- Detalhes da rotina do processo descrito;
- Onde o processo é executado.

Como exemplo, analisou-se o submódulo 10.11 – Recomposição da Rede de Operação após perturbação. Seu objetivo é atribuir responsabilidades, estabelecer premissas, diretrizes e critérios para execução. No capítulo 7.1.1 que fala sobre diretrizes gerais para todos agentes e é mencionado que para reenergização ou religamento dos equipamentos da Rede de Operação na fase de recomposição fluente, atenda às configurações mínimas e às condições de pré-energização, constantes no Submódulo 10.21 instruções de operação e mensagens operativas. No 7.2 que aborda as diretrizes para as instalações (Usinas e Instalações da rede de operação) é colocado a recomendação que o restabelecimento da carga pode ser feito em blocos, com a alimentação de transformadores com carga conectada, ou gradativamente, com o restabelecimento sequencial de circuitos alimentadores, em conformidade com o critério estabelecido internamente pelo agente.

**(iii) as restrições de trabalho que podem dificultar o procedimento:** Um grande diferencial dos procedimentos operacionais é a preocupação de sempre propor uma recomendação de um outro procedimento caso a execução inicial não possa ser realizada. Em todas rotinas operacionais são previstas nas instruções de operação três situações possíveis: operação normal<sup>14</sup>, esquemas especiais<sup>15</sup> e operações de contingências<sup>16</sup>. Além de diretrizes para a recomposição da rede quando for o momento. Existem circunstâncias que podem comprometer ou até impedir a execução de um procedimento foi mencionado pelos especialistas consultados e vale destacar entre outros: condições climáticas desfavoráveis, falhas de manutenção de

---

<sup>14</sup> É o **estado de operação ideal**, pois **são obedecidos os três conjuntos de restrições: carga, operação e segurança**. Isto significa que o sistema está em perfeitas condições de operação, sendo que, nenhuma das contingências de segurança preestabelecidas, se de fato ocorrer, levará o sistema ao estado de emergência (Benedito, 2015).

<sup>15</sup> Englobam os Esquemas de Controle de Emergência (ECEs) e Esquemas de controle de Segurança (ECSs), bem como os procedimentos e os relacionamentos entre as equipes do NOS e dos Agentes, com relação aos estudos aqui descritos. Esse procedimento é resultante dos estudos elétricos destinados a avaliar o comportamento do sistema elétrico para determinar a necessidade de instalação de Sistemas Especiais de proteção. Fonte: Submódulo 11.4 – Implementação de Sistemas Especiais de Proteção.

<sup>16</sup> Quando ocorre perda de equipamentos ou instalações que provocam, ou não, violação dos limites operativos ou corte de carga.

equipamentos, decisões de caráter político, ações de terrorismo, acidentes causados em execução de trabalhos agropecuários, ações proibitivas de sindicatos patronais e erros na execução de manobras.

**(iv) super especificação das etapas da atividade:** O MPO recomenda-se que o detalhamento de cada Rotina Operacional deve ser feito de forma a assegurar a maior aderência possível aos procedimentos operativos vigentes. No detalhamento das atividades de um determinado processo deve ser dada ênfase às diversas etapas desenvolvidas na execução do mesmo e ao relacionamento efetuado entre o ONS e os Agentes. Um exemplo que comprova essa condição pode ser visualizado no item 3.3<sup>17</sup> do submódulo 10.21 que aborda as instruções de operação, estabelece procedimentos para a operação de uma importante linha de transmissão da Região Sudeste, quando ocorre situação de contingência, e fornece as instruções operativas a serem seguidas pelos operadores dos Centros de Operação do ONS e pela operação dos Agentes envolvidos, de acordo com o Submódulo 10.9 – Operação em contingência, dos Procedimentos de Rede. Para cada passo/etapa realizada é descrito o responsável geral pela coordenação (CNOS), quem controla (Centros de operação do ONS), e quem executa (Agentes). São descritos os procedimentos de execução e qual a forma de controle para ser executado. São apresentadas as formas de monitoramento do sistema e da operação enquanto o processo estiver sendo realizado, o item de controle e o que fazer se ocorrer alguma violação.

**(v) subespecificação dos passos:** se refere a situações que exigem alguma interpretação do usuário ao ler o procedimento. Embora à função do ONS seja supervisionar, coordenar e controlar a operação do sistema, a existência de situações que se identificam com essa característica ao longo dos submódulos do MPO acontece, pois em qualquer procedimento, passos que não são e nem deveriam ser completamente detalhados, são normais de acontecerem. Um exemplo que comprova essa situação é encontrado dentro item 3.3 do submódulo 10.21 que aborda as instruções de operação, o capítulo 3.2 trata sobre procedimentos para contingências em linhas de transmissão na região sudeste. Ele retrata no item 3.2.17 para uma linha de transmissão não são esperados problemas de controle por contingências e em algumas outras, conforme relatado pelos especialistas o sistema elétrico está sujeito a inúmeras situações e para garantir uma maior segurança essa hipótese só poderia ser gerada de forma garantida e não trabalhar com a baixa probabilidade de falha que foi sugerida. Outro exemplo que ilustra essa característica encontrada nesse mesmo submódulo 3.3.2.1 que traz o procedimento de:

---

<sup>17</sup> Manual de Procedimentos da Operação Módulo 10 - Submódulo 10.21. Instrução de Operação - Operação em contingência na Área 500 KV da Região Sudeste

“Reprogramar a geração das usinas abaixo utilizando os fatores de influência indicados (%) – Ref.: Ilha Solteira.” Não foi repassado quais seriam as etapas a serem realizadas para se desenvolver a atividade. Uma resposta fornecida para justificar algumas pendências pelos especialistas foi que cada agente possui suas próprias rotinas, procedimentos de operação e realização de manobras, portanto eles irão conhecer o que fazer pelo ONS, o como fazer é responsabilidade do agente.

(vi) **relacionamento com outros procedimentos:** O MPO recomenda-se que os documentos que deram origem à rotina ou outros que sejam importantes para o seu atendimento devem ser citados, principalmente outros procedimentos, procurando evitar repetir textos dos submódulos dos procedimentos de rede, em função deste artifício poder comprometer a clareza ou trazer dupla interpretação a diretrizes neles definidos. Por exemplo, o Submódulo 10.11 – Recomposição da Rede após perturbação, menciona ao longo do texto com destaque na sua introdução, dos submódulos 10.4, 10.20, 10.21, 10.22 do módulo 21 que *aborda Estudos para reforço da segurança operacional elétrica, controle sistêmico, e integração de instalações*; e o Submódulo 23.3 que trata de *Diretrizes e critérios para estudos elétricos*.

A implantação de técnicas e procedimentos operativos que proporcionem maior rapidez na recomposição do sistema após desligamentos parciais ou totais, constitui um dos caminhos para reduzir os impactos impostos pelas perturbações no sistema, alcançar soluções que aumentem a rapidez e o grau de segurança na execução do restabelecimento do sistema é o grande desafio, pois um minuto de indisponibilidade pode acarretar em valores prejuízos de milhões de dólares. Em geral, as ferramentas mais completas são híbridas (automação+ação humana), assim podendo supervisionar o atendimento às restrições operacionais do sistema elétrico durante o restabelecimento. Em comparação ao operador humano apresenta como vantagem, não sofrer influência por situações de cansaço físico ou emocional. Um sistema automático pode também servir como um assistente inteligente em um processo de decisão. Sua função seria a de enumerar alternativas promissoras, possivelmente interagindo com o usuário, mas deixando o julgamento final para o operador.

O engenheiro 5 concluí a aplicação do MPO dizendo sobre os projetos futuros:

“A integração do MPO com o sistema de supervisão é um projeto em implantação dentro do ONS. Isso será um grande avanço para o sistema, pois cada situação identificada, na qual o MPO oferece uma solução, seria imediatamente disponibilizado o documento e agilizaria no processo de resolução da situação ou ocorrência e com isso ganhando segundos preciosos na restauração do sistema”

#### 4.5 CRUZAMENTO DOS DADOS

A etapa de cruzamento de dados desenvolveu uma análise do nível de correlação entre as variáveis levantadas ao longo da pesquisa.

Foi realizado uma análise de correlação entre as características de complexidade e as habilidades de resiliência. Os dados potenciais agregados e complexidade agregada representam a média entre todas as avaliações das questões sobre potenciais de resiliência e características de complexidade respectivamente. A tabela 18 apresenta os resultados encontrados de correlação entre as características de complexidade e resiliência.

Tabela 18 - Correlação entre características de complexidade e Potenciais de resiliência

CARACTERÍSTICAS DE COMPLEXIDADE	POTENCIAIS DE RESILIÊNCIA				POTENCIAIS AGREGADOS
	RESPONDER	MONITORAR	ANTECIPAR	APRENDER	
Elme.que inter. de forma dinâm.	-0,07	-0,01	0,04	0,09	0,12
Grande diversidade de Elementos	0,36	0,40	0,40	0,38	0,32
Variabilidade inesperada	-0,24	-0,19	-0,14	-0,09	-0,15
Resiliência	0,03	-0,04	-0,06	-0,08	0,00
Complexidade relativa AGREGADA	-0,13	-0,07	-0,01	0,04	0,02

Fonte: Autor

Pode-se inferir da análise da tabela 18:

I – Os *Elementos que interagem de forma dinâmica* apresenta uma baixa correlação com os potenciais responder e monitorar, porem tem uma baixa correlação com os potenciais de antecipar e aprender, e uma magnitude mais relevante quando todos os potenciais de resiliência são somados. O comentário feito pelo engenheiro 01 na descrição dos resultados desta característica justifica o resultado para os potenciais responder e monitorar. Ele justificou dizendo: “*cada dia é um dia, por exemplo se um equipamento fica inoperante e ocorre de ser num momento no qual a carga é mais baixa ou coincide de ser um feriado o impacto do problema é menor, caso contrário o transtorno pode ser imensurável.*” O engenheiro 3 falou que:

“embora domingo seja um dia de consumo reduzido, é o momento no qual a ONS permite as intervenções de manutenção e tem todo o processo de atendimento ao longo do dia e no final das manutenções o religamento das linhas e conseguir a estabilidade do sistema.”

Esse é um exemplo da comprovação da correlação entre a característica avaliada com os potenciais de antecipação e aprendizado, pois eles sabem que terão um problema na restauração do sistema (antecipação) pelo aprendizado de terem vivenciado situações na sua rotina de trabalho.

II – A *Grande diversidade de Elementos* possui boa correlação para todos os potenciais e inclusive quando todos os potenciais de resiliência são agregados. Apresentou uma correlação um menor com as grandezas associadas. A justificativa usada pelo engenheiro 1:

“A rotatividade dos turnos e nas funções diárias são para que os operadores possam atuar todos os dias das semanas em diferentes horários de consumo, dessa forma lidando com as mais variadas situações possíveis.”

Ela representa que a diversidade de elementos está relacionada com a antecipação dos problemas e com a rotatividade dos turnos que servirá de aprendizado para cada membro do turno estar preparado para realizar um melhor monitoramento do processo e apto para responder em qualquer área que esteja atuando no momento de uma ocorrência.

III - A variabilidade inesperada não está relacionada com nenhum dos potenciais de resiliência nem com os potenciais agregados. O engenheiro 3 apresentou na sua justificativa um exemplo para essa comprovação:

“À influência externa é consideravelmente alta. Eventos como Copa do mundo, final de novela, mudança de tempo, podem causar grandes transtornos ao sistema. Uma situação interessante compartilhada foi a necessidade de desligar uma linha para um reparo de manutenção, mas comprometeria o abastecimento de uma região que tinha um prédio interligado à rede, e estava ocorrendo uma rebelião no momento. As autoridades foram consultadas e foi decidido que embora de caráter urgente a manutenção não deveria ser realizada pois os líderes do movimento poderiam entender como uma forma de retaliação. Outra situação lembrada que num ato sindical paralisou as atividades de toda uma equipe e um trabalho de manutenção deixou de ser concluído dentro do prazo esperado.”

A variabilidade inesperada está relacionada com os potenciais de resiliência conforme exposto pelo engenheiro 2:

Qualquer evento que ocorre quando não se está esperando, comprova que não se foi capaz de antecipá-lo, dificilmente o operador estará preparado para responder a todas as situações que possam ocorrer, se foi inesperado significa que não pôde ser monitorado e após uma análise apurada pode ser uma situação eventual que dificilmente se repetirá e não é interessante para a empresa insistir no aprendizado para situações semelhantes que possam ocorrer no futuro.

IV - A Resiliência para a pesquisa aplicada apresentou correlação estatística significativa com nenhum dos potenciais e nem com os potenciais de resiliência agregados. Quanto à resiliência, no que tange às folgas para execução das atividades, não são muito significativas, portanto, a segurança das instalações oferece um nível de confiabilidade excelente. Os colaboradores reconhecem que o nível de complexidade das atividades é elevado, porém os resultados apresentados pelos órgãos fiscalizadores garantem que o sistema elétrico é seguro;

V – As características de Complexidade agregadas não estão relacionadas com os potenciais de resiliência. Quando somados, as características de complexidade apresentaram baixa correlação com potenciais de resiliência agregados, porém a técnica de Questinterview comprovou que a resiliência é uma característica fundamental para o monitoramento e supervisão do SEP.

A análise de cruzamento das informações geradas no FRAM, que além de identificar as diferenças entre o trabalho planejado do realizado verificou se os procedimentos operacionais estão de acordo com a execução das atividades. A análise dos procedimentos operacionais atendendo a propostas de melhorias já implantadas em outros SST busca alcançar a uniformidade na execução de uma função específica fazendo uso do recurso do FRAM para aproximar o trabalho planejado do realizado. A proposta do framework desenvolvida comprovou a importância do FRAM, como por exemplo, permitiu a identificação de fontes de variabilidade como o controle das represas e dos recursos hídricos, que podem comprometer todo o funcionamento do sistema elétrico, para demonstrar a existência da variabilidade no processo de monitoramento e supervisão de sistemas elétricos e a importância da resiliência para se lidar com essa variabilidade procurando-se manter a segurança e eficiência do processo. No que tange à aplicação específica do FRAM, possibilitou identificar como os atributos de sistemas complexos se relacionam com os potenciais de sistemas resilientes para o sistema sob análise, ficando demonstrado sua complexidade, caracterizada por questões, tais como: grande número de elementos que interagem dinamicamente, bem como uma diversidade de elementos e uma variabilidade inesperada.

Os procedimentos operacionais padronizados (POP) procuram atender o maior número de situações que podem acontecer na supervisão do SEP. Verificou-se que existe uma preocupação em aproximar o imaginado do real, mas a quantidade de recursos envolvidos e o número de situações que podem acontecer ao longo do processo, dificultam o desenvolvimento de uma sequência operacional para todas situações sendo tratadas as de maior relevância.

#### 4.6 RECOMENDAÇÕES PRÁTICAS

A caracterização da complexidade demonstrou que as questões sobre grande número de elementos que interagem dinamicamente, grande diversidade de elementos, variabilidade inesperada forneceram algumas recomendações: Manter um bom nível de investimento em tecnologia; as atividades diárias são muito dinâmicas, não existindo uma rotina operacional fixa, isso proporciona um bom nível de aprendizado para a equipe que deve ser sempre capacitada e atualizada; a variabilidade das atividades são intensas em algumas funções, deve-se buscar soluções que possam reduzi-la. Quanto a resiliência no que tange às folgas para execução das atividades não são muito significativas, mas a segurança das instalações oferece um nível de confiabilidade excelente. Os colaboradores reconhecem que o nível de

complexidade das atividades é elevado, porém os resultados apresentados garantem que a segurança do sistema elétrico obedece ao exigido pelos órgãos fiscalizadores.

A análise de complexidade funcional mostrou que há uma grande interdependência entre as atividades e que o processo de retroalimentação deve ser o mais rápido e exato possível para garantir novas informações e um bom nível de aceitação nas tomadas de decisão. A melhor forma para o controle da variabilidade consiste no fato de que a equipe responsável esteja o mais preparada possível para responder às ameaças, monitorar o sistema, antecipar-se às ocorrências e sempre divulgar o aprendizado das situações que deram certo, e, quando não ocorrer, investigar o acontecimento procurando a solução e divulgando a informação da solução proposta para que não venha a se repetir.

A caracterização estrutural do processo de operação e controle do sistema elétrico é bastante diversificado, possui uma grande quantidade de funcionários e parceiros envolvidos (agentes). O bom funcionamento do sistema está diretamente ligado a existência de uma harmonia entre as equipes do ONS e dos Agentes.

A avaliação dos potenciais forneceu uma visão de forma geral. Assim, aqueles que são fortes devem ser aperfeiçoados e os que não satisfazem, devem ser tomadas as medidas possíveis para sua evolução.

A análise de correlação apresentou resultados estatisticamente significativos para os potenciais de resiliência e para a complexidade relativa excetuando-se a característica de resiliência. Quando se associou as duas avaliações para verificação da correlação apresentou o resultado que a grande diversidade de elementos está bem correlacionada com todos os potenciais de resiliência, elementos que interagem de forma direta são fracamente correlacionados para os potenciais de antecipar e aprender e de forma pouco significativa com os demais. A variabilidade inesperada não está correlacionada com os potenciais de resiliência.

A tabela 19 apresenta as recomendações práticas em sete colunas: a recomendação em si, dados empíricos que a justificam, etapas do framework que produziram esses dados, como realizar, diretrizes de gestão de SSTC, potencial de resiliência associado e a influência da recomendação sobre a resiliência do sistema.

Tabela 19 - Recomendações, justificativa e influência para resiliência do sistema.

RECOMENDAÇÃO	JUSTIFICATIVA	ETAPA	COMO	DIRETRIZES DE GESTÃO DE SSTC	POTENCIAL DE RESILIÊNCIA	INFLUÊNCIA PARA A RESILIÊNCIA DO SISTEMA
<b>Rotatividade de membros das equipes de turno</b>	Variabilidade em função do horário de trabalho, estação do ano ou em função de eventos externos.	Etapa 2.1	Incentivar a rotatividade dos membros das equipes fixas com outras equipes que desempenham a mesma função	Incentivar a diversidade de perspectivas ao tomar decisões	APRENDER E ANTECIPAR	<b>Alcançar trocas de experiência fortalecendo o conhecimento entre todos os membros da equipe de operação em tempo real.</b>
<b>Evitar tomar decisões sem informações consistentes e com credibilidade</b>	Incerteza quanto aos objetivos.	Etapa 2.1	Capacitar o operador e orientá-lo a não tomar decisões sem dados reais	Incentivar a diversidade de perspectivas ao tomar decisões	APRENDER E RESPONDER	<b>Melhora a confiança e a capacidade de solução de problemas</b>
<b>Redução do índice de registro de situações imprevistas</b>	Situações imprevistas com frequência durante a realização das atividades.	Etapa 2.1	Reduzir a variabilidade do processo	Apoiar a visibilidade de processos e resultados	RESPONDER E ANTECIPAR	<b>Redução da complexidade e preocupação dos operadores</b>
<b>Redução da variabilidade por excesso de responsabilidade trabalho</b>	Pequenas alterações/variabilidade nas atividades podem gerar mudança significativa no resultado final.	Etapa 2.1	Reduzir a variabilidade do processo e orientar o profissional a compartilhar situações que possam comprometer o sistema.	Monitorar as consequências intencionais de melhorias e mudanças	RESPONDER	<b>Uma melhor divisão das responsabilidades, um pequeno acréscimo na equipe aumenta a resiliência, diminuindo-se a variabilidade.</b>

RECOMENDAÇÃO	JUSTIFICATIVA	ETAPA	COMO	DIRETRIZES DE GESTÃO DE SSTC	POTENCIAL DE RESILIENCIA	INFLUÊNCIA PARA A RESILIÊNCIA DO SISTEMA
<b>Aumento das folgas para execução de atividades</b>	Ausência de folgas para a execução das atividades	Etapa 2.1	Aumentar os recursos e capacitação profissional	Folga de design	RESPONDER E ANTECIPAR	<b>Poder realizar sua atividade com garantia de recursos adicionais para a manutenção das atividades no padrão normal operacional aumenta a resiliência do sistema</b>
<b>Uso do modelo funcional do processo utilizando recursos como o FRAM</b>	Trabalho planejado versus o realizado	Etapa 2.2	Procurar aproximar o trabalho planejado do realizado	Folga de design	RESPONDER, MONITORAR E APRENDER	<b>Identificar as diferenças entre o trabalho planejado e o realizado e fazer as devidas adequações.</b>
<b>Uso do modelo funcional do processo utilizando recursos como o FRAM</b>	Trabalho planejado versus o realizado	Etapa 2.2	Entender as atividades críticas do processo	Folga de design	RESPONDER, MONITORAR E APRENDER	<b>Identificar as diferenças entre o trabalho planejado e o realizado e fazer as devidas adequações.</b>
<b>Compreender a caracterização estrutural da empresa</b>	Compreender como a empresa e seu processo de trabalho funcionam	Etapa 2.3	Utilizar o FRAM para a caracterização estrutural	Monitorar e entender a lacuna entre trabalho imaginado e trabalho realizado	APRENDER E RESPONDER	<b>Conhecer o processo e quem é o responsável por cada uma de suas etapas melhora a resiliência</b>
<b>Desenvolver o potencial “Responder”</b>	Melhorar o potencial responder	Etapa 3.1	Facilitar o trabalho cotidiano para o profissional possa responder de forma eficaz as ocorrências.	Incentivar a diversidade de perspectivas ao tomar decisões.	RESPONDER	<b>Melhorar o potencial de resposta da equipe e conseqüentemente da organização.</b>

RECOMENDAÇÃO	JUSTIFICATIVA	ETAPA	COMO	DIRETRIZES DE GESTÃO DE SSTC	POTENCIAL DE RESILIENCIA	INFLUÊNCIA PARA A RESILIÊNCIA DO SISTEMA
<b>Desenvolver o potencial “Monitorar”</b>	Melhorar o potencial monitorar	Etapa 3.1	Compreender a variabilidade do processo para que se possa realizar a avaliação de riscos e monitorá-la	Incentivar a diversidade de perspectivas ao tomar decisões.	RESPONDER E MONITORAR	Como na atividade de operação, supervisão e coordenação de sistemas elétricos podem acontecer situações imprevisíveis, a capacidade de resposta é totalmente dependente de uma boa condição de monitoramento. Um bom monitoramento fornece condições para se preparar uma forma de responder.
<b>Desenvolver o potencial “Antecipar”</b>	Melhorar o potencial antecipar	Etapa 3.1	Desenvolvimento do conhecimento para melhorar a experiência das atividades. Estágios periódicos em outras sedes da corporação.	Incentivar a diversidade de perspectivas ao tomar decisões.	RESPONDER E ANTECIPAR	Situações imprevisíveis irão acontecer no processo de operação do sistema elétrico, a capacidade de antecipação é dependente de uma boa condição de monitoramento e experiência profissional que manterá a equipe em alerta
<b>Desenvolver o potencial “Aprender”</b>	Melhorar o potencial aprender	Etapa 3.1	Divulgar o conhecimento e experiências aos membros de todas as equipes. Investimento no orçamento anual para capacitação e treinamento	Apoiar a visibilidade de processos e resultados	APRENDER	O aprendizado com os acontecimentos diários é importante, pois fortalecem a capacidade de responder e monitorar. Reforçando que todo conhecimento só tem valor quando for disseminado. capacidade de responder e monitorar.

RECOMENDAÇÃO	JUSTIFICATIVA	ETAPA	COMO	DIRETRIZES DE GESTÃO DE SSTC	POTENCIAL DE RESILIENCIA	INFLUÊNCIA PARA A RESILIÊNCIA DO SISTEMA
<b>Redução dos elementos que interagem de forma dinâmica</b>	Reduz a complexidade ruim	Etapa 4	Reduzir a quantidade de envolvidos no processo simultaneamente.	Folga de design	RESPONDER	<b>Redução da interação dos elementos reduzirá a ação reativa da equipe</b>
<b>Grande diversidade de Elementos</b>	Aumenta a complexidade boa	Etapa 4	Capacitar a equipe para lidar com essas situações.	Apoiar a visibilidade de processos e resultados	RESPONDER E ANTECIPAR	<b>Os potenciais de resiliência aumentaram, pois, a equipe tem a tendência a se preparar para enfrentar essa característica e consegue se adaptar.</b>
<b>Variabilidade inesperada</b>	Aumenta a complexidade	Etapa 4	Procurar reduzir situações que causam aumento da variabilidade	Folga de design	RESPONDER	<b>Enfraquece os potenciais de resiliência, quanto menor melhor para o sistema</b>
<b>Apoiar a visibilidade de processos e resultados</b>	Reduz a complexidade ruim	Etapa 4	Incentivar a divulgação das informações e experiências vivenciadas ao demais membros da equipe.	Apoiar a visibilidade de processos e resultados	RESPONDER E MONITORAR	<b>Redução de práticas informais, pois podem abranger inovações úteis ou riscos latentes. A visibilidade deve permitir o monitoramento do desempenho em tempo real e o compartilhamento livre de informações</b>
<b>Folga de design</b>	Reduz a complexidade ruim	Etapa 4	Aumentar elementos e investimentos que garantam o aumento da folga necessária para desempenhar as funções	Folga de design	RESPONDER	<b>As folgas para execução das atividades, não são muito significativas, mas a segurança das instalações oferece um nível de confiabilidade excelente.</b>

<b>RECOMENDAÇÃO</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>ETAPA</b>	<b>COMO</b>	<b>DIRETRIZES DE GESTÃO DE SSTC</b>	<b>POTENCIAL DE RESILIENCIA</b>	<b>INFLUÊNCIA PARA A RESILIÊNCIA DO SISTEMA</b>
<b>Incentivar a diversidade de perspectivas ao tomar decisões</b>	Aumenta a complexidade boa	Etapa 4	Incentivar a divulgação das informações e compartilhar situações que possam ter impacto no processo	Incentivar a diversidade de perspectivas ao tomar decisões	RESPONDER E ANTECIPAR	<b>Aumentar a confiança da equipe e uma maior participação dos colaboradores nas decisões aumenta a confiança e a resiliência.</b>
<b>Monitorar e entender a lacuna entre trabalho imaginado e trabalho realizado e Avaliação dos POP</b>	Aumenta a complexidade boa	Etapa 3.2 e Etapa 4	Procurar aproximar o trabalho planejado do realizado com atualização dos procedimentos com participação dos executores das atividades.	Monitorar e entender a lacuna entre trabalho imaginado e trabalho realizado.	RESPONDER E APRENDER	<b>Tornar os procedimentos operacionais mais claros e com descrições que facilitem a sua utilização por quem for utilizá-los e buscar a maior aproximação do trabalho planejado com o realizado. Dessa forma a equipe fica menos ansiosa e aumenta a resiliência.</b>
<b>Monitorar conseqüências não intencionais de melhorias e mudanças</b>	Aumenta a complexidade ruim	Etapa 4	Toda situação vivenciada deve ser descrita e compartilhada.	Monitorar conseqüências não intencionais de melhorias e mudanças	APRENDER	<b>Melhorias e mudanças interagem entre si e com o ambiente, e isso cria oportunidades para conseqüências não intencionais (Perrow, 1984). Essas conseqüências podem ser benefícios, problemas, falhas ou custos associados à intervenção, portanto reduzindo a resiliência</b>

Fonte: Autor

## 5 CONCLUSÕES

### 5.1 PRINCIPAIS OBJETIVOS E CONTRIBUIÇÕES

O objetivo geral do presente trabalho consistiu no desenvolvimento de um *framework* para analisar as relações entre complexidade e resiliência em sistemas sócio técnicos complexos. Além disso, especificamente, três objetivos foram estabelecidos: (a) caracterizar a complexidade de uma empresa de operação de sistemas de energia; (b) adaptar a ferramenta RAG para o contexto do planejamento, coordenação e supervisão do sistema elétrico; (c) identificar como os atributos de sistemas complexos se relacionam com os potenciais de sistemas resilientes.

Nessa perspectiva, no que tange aos pontos em tela, tem-se as seguintes conclusões:

I- O método de pesquisa que norteou o desenvolvimento dessa tese foi o *Design Science Research* (DSR), realizado, empiricamente, num centro de controle de operações de energia elétrica, com enfoque nas atividades de pré-operação, operação em tempo real e pós operação. Nesse sentido, cabe ressaltar que a partir do principal problema tratado nesse trabalho (caracterização da complexidade, avaliação dos potenciais de resiliência e suas relações), como sendo uma etapa da DSR, que ocorre simultaneamente ao desenvolvimento do artefato, reconhece-se as limitações dos procedimentos operacionais padronizados (POP), além do fato dos estudos não tratarem, explicitamente, acerca de como outros recursos para a ação podem ser integrados e atuarem de modo complementar aos POP. Verificou-se que os POP tentam aproximar o imaginado do real, mas a quantidade de recursos envolvidos e o número de situações que podem acontecer, dificultam o desenvolvimento de uma sequência operacional para todas as situações;

II- A realização do *framework* possibilitou, mostra que há uma relação entre os potenciais de resiliência e as características de complexidade, o que foi comprovado através do FRAM e da análise dos POP, ficando demonstrado que essa relação existe e pode ser associada nos SSTC.

III- No que diz respeito às implicações práticas para os profissionais envolvidos nas atividades que são abordadas, este estudo forneceu uma ferramenta (*framework*) para analisar as relações entre complexidade e resiliência dos SSTC, como mensurá-los e propostas de soluções para seu acompanhamento a curto e longo prazo. Nesse sentido, o *framework* desenvolvido no capítulo 3 consiste numa contribuição em termos de teoria prescritiva, uma vez que seus estágios e etapas são susceptíveis a generalização para outros SSTC, em que haja POP e processos formais de capacitação. Além disso, Vale ressaltar, ainda, que o *framework*

proposto integra ferramentas, tais como: avaliação de características de complexidade, de potenciais de resiliência e de análise dos POP. O FRAM, por exemplo, permitiu a identificação de fontes de variabilidade como o controle das represas e dos recursos hídricos, que podem comprometer todo o funcionamento do sistema elétrico;

IV- No que se refere à adaptação da ferramenta RAG para o contexto do planejamento, coordenação e supervisão do sistema elétrico, depois de desenvolvido, o framework de aplicação genérica foi utilizado com um propósito específico foi aplicada no COSR-SE (Centro de Operações de Sistemas – Regional Sudeste) do ONS. Essa aplicação possibilitou a percepção dos potenciais de resiliência da organização em valores absolutos, pois não existe um padrão, uma norma regulatória ou média industrial que possibilite uma comparação. Portanto, a ferramenta apresenta somente onde o sistema se encontra;

V- No que tange à aplicação específica do FRAM, possibilitou identificar como os atributos de sistemas complexos se relacionam com os potenciais de sistemas resilientes para o sistema sob análise, ficando demonstrado sua complexidade, caracterizada por questões, tais como: grande número de elementos que interagem dinamicamente, bem como uma diversidade de elementos, variabilidade inesperada e resiliência;

VI- Em função do acima exposto e fundamentado na visão sistêmica de que se deve buscar a otimização de todas as etapas do processo, visando construir e reforçar mecanismos que possibilitem prestar um melhor serviço para o cliente, algumas recomendações podem ser feitas, tais como: (a) Manter um bom nível de investimento em tecnologia, pois as atividades diárias são muito dinâmicas, não existindo uma rotina operacional fixa; (b) proporcionar um bom nível de aprendizado para a equipe, que deve ser sempre capacitada e atualizada tecnicamente; (c) investir no desenvolvimento de soluções que possibilitem a redução da intensa variabilidade das atividades de algumas funções;

VII- Quanto à resiliência, no que tange às folgas para execução das atividades, não são muito significativas, portanto, a segurança das instalações oferece um nível de confiabilidade. Os colaboradores reconhecem que o nível de complexidade das atividades é elevado, porém os resultados apresentados pelos órgãos fiscalizadores garantem que o sistema elétrico é seguro, também, o é;

VIII- Foi observado, ainda, que o controle, monitoramento e supervisão de sistemas elétricos apresenta fortes características de complexidade, sendo seu nível de segurança no desenvolvimento das atividades tão seguro quanto a operação de uma usina nuclear, o controle de tráfego aéreo ou qualquer outro SSTC com nível de importância semelhante para a

sociedade, tendo justificado essa conclusão por obedecer aos índices estatísticos avaliativos dos órgãos fiscalizadores.

IX- No que se refere à implantação da ferramenta RAG, entende-se que há necessidade de desenvolver os potenciais “Responder”, “Monitorar”, “Antecipar” e “Aprender”, bem como reavaliar os POP, adequando-os ao prescrito pela Engenharia de Resiliência;

X- A ferramenta de análise de complexidade e potenciais de resiliência foi implementada, inicialmente, para ser aplicada em ambientes associados às áreas de saúde como clínicas e hospitais, esse conhecimento está trazendo grandes contribuições para esse setor. A aplicação em outros SSTC se encontra em processo inicial de desenvolvimento, como as pesquisas realizadas para controle de tráfego aéreo, operações de plantas nucleares etc. Por ser a energia elétrica um serviço essencial, e o funcionamento do sistema apresentar um nível de complexidade elevado, a aplicação desse conhecimento para o setor é uma proposta que pode trazer uma grande contribuição para a sociedade;

XI- Finalmente, resta ressaltar que as principais contribuições dessa tese são: i) como os atributos de sistemas complexos se relacionam com os potenciais de sistemas resilientes; ii) caracterizar a complexidade de uma empresa de operação de sistemas de energia; iii) como utilizar o RAG para medir os potenciais de resiliência em Centros de Controle e Operação de Sistemas Elétricos de grande porte.

## 5.2 LIMITAÇÕES

As limitações identificadas nesta tese são: (i) seria ideal abranger a pesquisa para toda equipe da empresa dos setores avaliados, onde se chegaria a mais participantes e dessa forma tendo um maior poder de análise e comparação; (ii) a falta de acompanhamento do modelo proposto pela tese a médio e longo prazo, que é uma das propostas do RAG; (iii) a bibliografia sobre potenciais de resiliência está em processo de construção, autores que falam sobre infraestruturas críticas como setor aéreo, sistema elétrico de potência são, ainda, escassos.

## 5.3 PESQUISAS FUTURAS

No que tange às futuras pesquisas sobre o tema em tela, deve-se ter como primeira perspectiva o acompanhamento a médio e longo prazo do modelo proposto, pois consiste em proposta do RAG melhorar e acompanhar o processo, reavaliando-o, periodicamente, além da verificação da eficácia das propostas sugeridas no presente estudo.

Outra vertente para continuidade dos estudos ora desenvolvidos sobre o comportamento de uma empresa do setor de energia que realiza a supervisão, controle e coordenação das atividades de uma das quatro áreas do sistema elétrico de potência ligado ao SIN, explorando as particularidades das atividades de pré-operação, operação em tempo real e pós-operação, consiste em avaliar pelo menos um dos outros três Centros de Operação, visando verificar seus potenciais de resiliência, comparando-os com os obtidos no presente trabalho. Neste sentido, ainda, vale ressaltar que uma análise semelhante para um Centro de Operação de uma empresa de distribuição seria bastante interessante, visto que nos Centro de Operação de Distribuição há um conjunto de fatores próprios, associados com as atividades de quem trabalha diretamente com o consumidor final, que pode, sem dúvida, representar um excelente campo de pesquisa para o assunto sob análise.

Outra oportunidade está relacionada ao desmembramento do tripé formado pelos agentes de geração, transmissão e distribuição de energia. Esta tese apresentou uma avaliação de complexidade e de potenciais de resiliência sobre a ótica da supervisão, coordenação e monitoramento do sistema elétrico, mas o SEP é composto por um tripé. Nessa perspectiva, o desenvolvimento de uma pesquisa sobre cada setor, separadamente, possibilitaria um profundo conhecimento referente aos potenciais de resiliência e características de complexidade dos componentes de toda estrutura do sistema elétrico.

Outra possibilidade, não menos atraente, seria a aplicação e refinamento do modelo proposto em outros sistemas sócio técnicos complexos, como por exemplo, controle de tráfego aéreo.

## REFERÊNCIAS

- ABRADEE, Setor de Distribuição, Associação Brasileira de Distribuição de Energia Elétrica, <http://www.abradee.com.br/setor-de-distribuicao/a-distribuicao-de-energia>. Acessado em: 3-de setembro de 2018.
- ADAMSON, J.; GOOBERMAN-Hill, R.; WOOLHEAD, G.; DONOVAN, J. Questerviews: using questionnaires in qualitative interviews as a method of integrating qualitative and quantitative health services research. *Journal of Health Services Research & Policy*9 (3), 139–145, 2004.
- AGÜERO, J. R. Applying Self-Healing Schemes to Modern Power Distribution Systems. *IEEE PES General Meeting*, p. 1-4, 2012.
- ALBRECHTSEN, E.; BESNARD, D. Oil Gas, Technol. Humans Assess. Hum. Factors Technol. Chang., Health, Safety and Environment (HSE) Competence Centre, Statoil, Norway: 2013.
- ALMEIDA, P. C. et al. Estudos para a validação dos procedimentos da nova filosofia de recomposição do GCOI - Detalhamento dos estudos e exemplificação para área Rio de Janeiro; 1995.
- ALVES, J; ALVES, M. T. Fluxo de potência ótimo com restrições de segurança aplicado à operação em tempo real utilizando processamento distribuído, Dissertação de Mestrado, COPPE-UFRJ, Rio de Janeiro, 2005
- ANDERY, M. A. et al. Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica. Rio de Janeiro: Editora EDUC, 2004.
- ANEEL, CONTRATOS DE CONCESSÃO, Agência de Energia Elétrica, <http://www.aneel.gov.br/contratos-de-transmissao>. Acessado em 30 de setembro 2018.
- ANEEL; Resolução número 505 de 26 de novembro de 2001. ANEEL, Brasil, 2001.
- ANEEL; PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional, Agência Nacional de Energia Elétrica, Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/prodist>. Acessado em 30 de setembro de 2018.
- ANEEL; ATLAS DE ENERGIA ELÉTRICA DO BRASIL, ANEEL, Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas\\_fatoresdeconversao\\_indice.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/pdf/atlas_fatoresdeconversao_indice.pdf) . Acesso em: 15 de novembro de 2018.
- ANEEL; Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST Módulo 1 - Introdução, 2008. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo1\\_F.pdf](http://www2.aneel.gov.br/arquivos/PDF/Modulo1_F.pdf) . Acesso em: 15 de setembro de 2018.

- APNESETH, K.; WAHL, A.M.; HOLLNAGEL, E. Measuring resilience in integrated planning. In: Albrechtsen E, Besnard D, editors. Oil Gas, Technol. Humans Assess. Hum. Factors Technol. Chang. Norway: Health, Safety and Environment (HSE) Competence Centre, Statoil; 2013.
- AZEVEDO, G. P.; OLIVEIRA FILHO, A. L. Control Centers with Open Architectures. IEEE Computer Applications in Power Transaction on Power, p.27-32, 2001.
- BALDWIN, L. Análise de conteúdo, Presses Univcrsitaires de France, Edições 70, 1977.
- BALU, N. J. et al. “On-line Power System Security Analysis”. In: Proceedings of the IEEE, Vol. 80, No 2, pp. 262-280, 1992.
- BAKX, G.; NYCE, J. UAS in (ternational) airspace: resilience as a lever in the debate, proceedings of the 5<sup>th</sup> resilience engineering symposium. Netherland: Soesterberg, 2013.
- BATISTA, H. S. Análise de contingências em sistemas elétricos de potência. Monografia de conclusão de curso de Engenharia Elétrica, 2008. 56 f. Universidade de Brasília, Brasília, 2008.
- BEN 2018 - RELATÓRIO FINAL, Balanço Energético Nacional – Ano base 2017, Empresa de Pesquisa Energética – EPE, Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>. Acessado em: 30 de setembro de 2018.
- BENEDITO, R. A. S.; Gestão de Energia e Operação de Sistemas Elétricos de Potência, Aula 1, 46 f. Universidade Tecnológica do Paraná, Paraná, 2015
- BIE, Z. et al. Battling the Extreme: A Study on the Power System Resilience, Proceedings of the IEEE, ol. 105, No. 7, p. 1253-1266, 2017.
- BIG - BANCO DE INFORMAÇÕES DE GERAÇÃO, Agência de Energia Elétrica – ANEEL, Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm> . Acessado em 30 de setembro de 2018.
- BILLINTON, R.; JONNAVITHULA, S. Test System for Teaching Overall Power System Reliability Assessment. IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, No. 4, pp. 1670-1676. 1996.
- BILLINTON, R.; JONNAVITHULA, S. Optimal switching device placement in radial distribution systems. IEEE Transactions on Power Systems, New York, v.11, n.3, p.1646-1651, 1996.
- BORGES, C. L.; ALVES T. J. Análise de Segurança Estática em Sistemas de Potência, UFRJ, Rio de Janeiro, 2010
- BRANLAT, M.; WOODS, D.D. How do systems manage their adaptive capacity to successfully handle disruptions? A resilience engineering perspective. AAI Fall Symp. - Tech. Rep., vol. FS-1003, 2010.

- BRYL, V.; GIORGINI, P.; MYLOPOULOS, J. Designing socio-technical systems: from stakeholder goals to social networks. *Requirements Engineering Journal*, Springer, 14(1): p. 47-70, 2009.
- CAMPOS, V. F. *Qualidade Total: Padronização de Empresas*. Falconi, 2ª ed., p. 171, 2014
- CARALLI, R. A et al. *Sustaining Operational Resiliency: A Process Improvement Approach to Security Management*, Technical Software Engineering Institute, Pittsburgh, PA, Note CMU/SEI-2006.
- CARLILE, P.; CHRISTENSEN C. *The cycles of theory building in management research*. Boston University, Harvard Business School; Working paper 05-057, version 5.0, 2004.
- CARLSON, J. L. et al., *Resilience: Theory and Applications*. Argonne, IL, USA, ANL/DIS-12-1, doi:10.2172/1044521, 2012.
- CARSON, P. A.; DENT, N. J. *Good clinical, laboratory and manufacturing practices: techniques for the QA professional*. Cambridge: RSC, 2007.
- CARVALHO, P.V.R. et al. *Micro incident analysis framework to assess safety and resilience in the operation of safe critical systems: A case study in a nuclear power plant*, *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, Volume 21, Issue 3, p. 277-286, 2008.
- CARVALHO, P.V.R.; GOMES, J. O.; BORGES, M. R.S. *Human centered design for nuclear power plant control room modernization*. *Publications/CEUR-WS/Vol-696/*; Série: 1ISSN 1613-0073, 2011
- CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A. *Metodologia científica*. 5.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- CIHLAR, T. C.; WEAR, J. H.; EWART, D. N.; KIRCHMAYER, L. K.; “Electric Utility System Security”. In: *Proceedings of the American Power Conference*, Vol. 31, pp. 891-908, 1969.
- CILLIERS, P. *Complexity and Postmodernism: Understanding Complex Systems*. Routledge, London, 1998.
- CLAY-WILLIAMS; HOUNGSGAARD, J.; HOLLNAGEL, E. *Where the rubber meets the road: using FRAM to align work-as-imagined with work-as-done when implementing clinical guidelines*, *Implementation Science*, Vol. 10, pp. 125-135, 2015.
- CORTINA, J. M. *What is coefficient alpha? An examination of theory and applications*. *Journal of Applied Psychology*. v. 78, p. 98-104. 1993.
- COSSI, A. M.; ROMERO, R. S.; MANTOVANI J. R. *Planning and projects of secondary electric power distribution systems*. *IEEE Transactions on power systems*, Volume 24, Páginas 1599-1608, 2009.
- COSSI, A. M. *Planejamento de redes de distribuição de Energia elétrica de média e baixa tensão*, Unesp, Ilha Solteira-São Paulo, 2008.

- COSTA, W. S. et al. Resilience and Brittleness in a Nuclear Emergency Response Simulation: Focusing on Team Coordination Activity, Proceedings of the 3rd Symposium on Resilience Engineering, 2008.
- CHANDA, S.; SRIVASTAVA; A. K. Defining and enabling resiliency of electric distribution systems with multiple microgrids, IEEE Trans. Smart Grid, vol. 7, no. 6, p. 2859–2868, 2016.
- CHIPP, Hermes. ONS, o Operador Nacional do Sistema Interligado Brasileiro, Seminário de Integração Energética Colômbia – Brasil, Painele: Característica do Operador Nacional dos Sistemas Elétricos Colômbia – Brasil São Paulo, outubro/2010.
- CRANDALL, B.; KLEIN, G.; HOFFMAN, R. Working Minds: a Practitioner's Guide to Cognitive Task Analysis. The MIT Press, Cambridge, 2006.
- CROSSAN, M.; LANE, H.; WHITE, R. An organizational learning framework: from intuition to institution. Academy of Management Review, v. 24, n. 3, p. 522-537, 1999.
- CURI M.; NEGRISOLI, M. Subestações. Apostila da FUPAI - Fundo de Pesquisa e Assessoramento à Indústria, EFEI, 1981.
- DI CIOCCIO, A.; MOREL, G. Trade-off between safety and productions during technical assistance of an aircraft, Proceeding of the 5<sup>th</sup> resilience engineering symposium, Netherland: Soesterberg, 2013.
- DEKKER, S. Failure to adapt or adaptations that fail: contrasting models on procedures and safetyll, Applied Ergonomics, Vol. 34, pp. 233–238, 2003.
- DEKKER, S. Drift into Failure: From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems. Ashgate, Burlington, 2011.
- DEKKER, S. et al. "Complicated, complex, and compliant: best practice in obstetrics", Cognition, Technology & Work, Vol. 15, No. 2, p. 189-195, 2013.
- DOLIF, G. et al. Critical Decision Method to Access Resilience and Brittleness in Heavy Rainfall Forecast, Proceedings of the 4th Symposium on Resilience Engineering, 2011.
- DY LIACCO, T. E., “The Adaptative Reliability Control System”, IEEE Trans. Parallel Dist. System, Vol. 86, pp 517-531, 1967.
- EBELING, C. E. An introduction to reliability and maintainability engineering. Tata McGraw-Hill Education, 2004.
- EPE, Balanço Energético Nacional 2017. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2017>. Acesso em: 13 de setembro de 2018.

- EPE, Balanço Energético Nacional 2018. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>. Acesso em: 13 de novembro de 2018.
- FAHEY, L.; NARAYANAN, V. K. Macroenvironmental analysis for strategic management West - St. Paul, 1986,
- FARHANGI, H. The path of the Smart Grid. Power & Energy Magazine, IEEE. v.8, n.1, p.18-28, Jan.-Fev. 2010.
- FERREIRA, P. et al. Trade-offs in the planning of rail engineering work, Proceeding of the 5<sup>th</sup> resilience engineering symposium, Netherland: Soesterberg, 2013.
- FIADEIRO, J. L. On the Challenge of Engineering Socio-technical Systems, Software-Intensive Systems and New Computing Paradigms p. 80-91, 2008.
- FINKEL, M. On Flexibility: Recovery from Technological and Doctrinal Surprise on the Battlefield. Stanford, CA: Stanford University Press, 2011.
- FOLHAPE/ECONOMIA, Folha PE, Pernambuco, <https://www.folhape.com.br/economia/economia/energia/2018/11/20/NWS,88114,10,719,ECONOMIA,2373-BRASIL-PRODUZ-ENERGIA-EOLICA-EQUIVALENTE-UMA-ITAIPU.aspx>, Acessado em 25 de novembro de 2018
- FOGLIATTO F. S.; GUIMARÃES L. B. M. “Design Macroergonômico: uma proposta metodológica para projeto de produto,” Produto & Produção, Porto Alegre, pp. 1–15, Oct-1999.
- FOGLIATTO F.S; ALBIN S. A hierarchical method for evaluating products with quantitative and sensory characteristics. IIE Trans, 2001.
- FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. International Journal of Operations & Production Management, v. 22, n. 2, p. 152-194, 2002.
- FRANCIS, R.; BEKERA, B. A. A metric and frameworks for resilience analysis of engineered and infrastructure systems, Reliability Engineering and System Safety, p. 90-103, 2014.
- GARCIAS, H. A. Sistema de supervisão e controle de uma empresa de energia elétrica inserida no sistema interligado nacional - Análise de segurança em tempo real, 2007, 47f.; Trabalho de conclusão de curso (Pós-Graduação) de Especialização em Engenharia de Sistemas Elétricos de Potência – CESEP, Ênfase: Supervisão, Controle e Proteção de SEP, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.
- GIMENES, J. A. S. et al. Automação da Recomposição Local de Subestações. Simpósio de automação de sistemas elétricos; 1996.
- GONEN, T. Electric Power Distribution System Engineering. McGraw Hill, California, 1986.

- GROTE G. Safety management in different high-risk domains - All the same? *Saf Sci* 2012;50. doi:10.1016/, 2011.
- GROTE G. Safety management in different high-risk domains - All the same? *Saf Sci*;50. doi:10.1016/j.ssci.2011.07.017, 2012
- GUASTELLO, S. J. (2007). How leaders really emerge. *American Psychologist*, 62(6), 606-607. <http://dx.doi.org/10.1037/0003-066X62.6.606>
- GUTIÉRREZ, J.; STAROPOLSKY, M.; GARCÍA, A.; Policies for Restoration of a Power System. *IEEE Trans. On Power Systems*, Vol. PWRs-2, No. 2, p 436-442, May 1987.
- HAAVIK, T. K.; ANTONSEN, S.; ROSNESS, R.; HALE Andrew. HRO and RE: A pragmatic perspective, *Safety Science*, 2016.
- HALE, A.; BORYS, D. Working to rule or working safely? Part 2: The management of safety rules and procedures, *Safety Science*, Volume 55, p.222-231, 2013.
- HASSAN, J. KHAN, F. "Risk-based asset integrity indicators," *J. Loss Prev. Process Ind.*, vol. 25, no. 3, pp. 544–554, 2012.
- HEGDE S, et al. Knowledge elicitation for resilience engineering in health care. *Proc. Hum. Factors Ergon. Soc.*, Department of Industrial and Systems Engineering, University at Buffalo-SUNY, Buffalo, NY, United States: 2015, p. 175–9. doi:10.1177/1541931215591036, vol. 2015.
- HENDRICK H.W.; KLEINER, B.M. *Macroergonomics: an introduction to work system design*. Santa Monica: Human Factors and Ergonomics Society; 2001.
- HERRERA, I.A.; WOLTJER, R. Comparing a multi-linear (STEP) and systemic (FRAM) method for accident analysis. *Reliability Engineering and System Safety*. v. 95. p. 1269-1275. 2010.
- HEVNER, A. R. A Three Cycle View of Design Science Research. *Scandinavian Journal of Information Systems*, v.19, n. 2, p. 87-92, 2007.
- HEVNER, A. R.; MARCH, S.T.; PARK, J. Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, v. 28, n. 1, p. 75-105, 2004
- HILL, R. C.; GRIFFITHS, W. E.; HUDGE, G. G. *Econometria*, São Paulo, Saraiva, 2003
- HOFFMAN, R. R.; MILITELLO, L.G. Perspectives on cognitive task analysis: historical origins and modern communities of practice. New York: Taylor & Francis Group, 2008.
- HOFFMAN, R.R.; WOODS, D. D Simon's Slice: Five Fundamental Tradeoffs that Bound the Performance of Human Work Systems, 10<sup>th</sup> International Conference on Naturalistic Decision Making, Orlando FL, p. 5-31, 2011.

- HOLLNAGEL, E. et al. Epilogue: RAG - the Resilience Analysis Grid. *Resil. Eng. Pract. A Guideb.*, Ashgate Publishing, Ltd., p. 275–96; 2011.
- HOLLNAGEL, E. et al. Prologue: the scope of resilience engineering. *Resil. Eng. Pract. A Guideb.*, MINES Paris Tech. France: Ashgate Publishing, Ltd, p. xxix e xxxix; 2011.
- HOLLNAGEL, E. et al. Resilience engineering in practice. A guidebook. Farnham, UK: FRAM – the functional resonance analysis method: Modelling complex socio-technical systems. Farnham, UK: Ashgate, 2012.
- HOLLNAGEL, E; et al. Organisational resilience and industrial risk. In: editors. *Resil. Eng. Concepts Precepts*, Ashgate Publishing, Ltd. p. 155–80, 2006.
- HOLLNAGEL, E. The ETTO principle: Efficiency-thoroughness trade-off. Why things that go right sometimes go wrong. Farnham, UK: Ashgate, 2009a.
- HOLLNAGEL, E. et al. The four cornerstones of resilience engineering, Preparation and restoration, p. 117–134, Aldershot, UK: Ashgate, 2009b.
- HOLLNAGEL, E. *Safety-II in Practice: Developing the resilience potentials*, Routledge, 2016.
- HOLLNAGEL, E. *Safety-II in Practice, Developing the Resilience Potentials*, 1st ed. Routledge, Londres, 2017.
- HOLLNAGEL, E. et al. Prologue: The scope of resilience engineering. *Resil. Eng. Pract. A Guideb.*, MINES ParisTech, France: Ashgate Publishing, Ltd.; 2011.
- HOLLNAGEL, E. Resilience – the challenge of the. Aldershot, UK: Ashgate, 2006.
- HOLLNAGEL, E. *Safety-I and Safety-II: The past and future of safety management*. Farnham, UK: Ashgate. 2014a.
- HOLLNAGEL, E. et al. From Safety-I to Safety-II: A White Paper, Australian Institute of health innovation, Australiaia, 2015.
- HOLLNAGEL, E.; NEMETH, C.P.; DEKKER, S. Resilience engineering perspectives: remaining sensitive to the possibility of failure. Ashgate, Burlington, v.1. p. 332, 2008
- HOLLNAGEL, E; DEKKER, S.; WREATHALL J. Measuring resilience. In: Nemeth CP, editors. *Resil. Eng. Perspect. Vol. 2 Prep. Restor.*, Ashgate Publishing, Ltd p. 95–114, 2009,
- HOLLNAGEL, E.; WOODS, D. D.; LEVESON, N. G. Resilience engineering: Concepts and precepts. Aldershot, Reino Unido: Ashgate, 2006.
- HOLLNAGEL, E.; GOTEMAN, O. The Functional Resonance Accident Model In: *COGNITIVE SYSTEM ENGINEERING IN PROCESS PLANT. Proceedings... CSEPC 2004*. p. 155-161. 2004.

- HOLLNAGEL, E.; HOUNSGAARD, J.; COLLIGAN, L. FRAM - The Functional Resonance Analysis Method – a handbook for the practical use of the method, first edition, Dinamarca, 2014.
- HOLLNAGEL, E.; WOODS, D.D. Joint Cognitive Systems: foundations of cognitive systems engineering, Boca Raton, FL: CRC Press, 2005.
- HOLMSTRÖM, J.; KETOKIVI, M.; HAMERI, A. Bridging Practice and Theory: a Design Science Approach, Decision Science, Vol. 40, No.1, p. 65-87, 2009.
- IBGE, Informações sobre países. Disponível em: <https://pais.es.ibge.gov.br/#/pt/pais/brasil/info/sintese>, Acessado em 10 de agosto de 2018.
- JACKSON, S.; FERRIS, T. L. J. “Resilience Principles for Engineered Systems,” Syst.Eng., vol. 14, pp. 305–326, 2012.
- JOHN I. W.; SONS, A. Ushakov Probabilistic reliability models, 2012.
- KATZ, R.; KAHN, D. Psicologia Social das Organizações, São Paulo: Atlas, 1987.
- KAGAN, N.; CEBRIAN, J.C. Reconfiguration of distribution networks to minimize loss and disruption costs using genetic algorithms, Electric Power Systems Research, 53-62, 2010.
- KHODAEI, A. Resiliency-Oriented Microgrid Optimal Scheduling. IEEE Transactions on Smart Grid, V. 5, No. 4, pp. 1584-1591, 2014..
- KUECHLER, B.; VAISHNAVI, V. "Extending Prior Research with Design Science Research: Two Patterns for DSRIS Project Generation." in Service-Oriented Perspectives in Design Science Research, H. Jain, A. Sinha and P. Vitharana (Eds.), Springer Berlin / Heidelberg, 166-175, 2011,
- LABAKA, L.; HERNANTES, J.; SARRIEGI, J. M. Resilience framework for critical infrastructures: An empirical study in a nuclear plant. Reliability Engineering and System Safety, v. 141, p. 92–105, 2015.
- LAFRAIA, J. Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2001.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos metodologia científica. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2001
- LAVILLE, C.; DIONNE, J. A construção do saber: manual de metodologia da pesquisa em ciências humanas. Belo Horizonte: UFMG, 1999.
- LEFÉVRE, M. A. P.; SILVEIRA, J. R. Blackouts-Causas e Reflexos sobre a sociedade. XIV Seminário nacional de produção e transmissão de energia elétrica, Belém-PA, 1997.
- LEVESON, N. et al. Moving beyond normal accidents and high reliability organizations: a systems approach to safety in complex systems. Organ Stud, p.227–249, 2009.

- LIMMER, H. D. "Security Application of On-line Digital Computers". In: Proceedingd of the Second PSCC, Julho 1966.
- LJUNGBERG, D.; LUNDH, V. Resilience engineering within ATM e development, adaption, and application of the resilience analysis grid (RAG). Norrköping, Sweden; 2013.
- LOVELOCK, C.; WRIGHT, L. Serviços: marketing e gestão, São Paulo: Saraiva, 2006.
- MALISZEWSKI, P. J.; PERRINGS, C. Factors in the resilience of electrical power distribution infrastructures, *Appl. Geogr.*, vol. 32, no. 2, p. 668–679, 2012.
- MCMANUS, S. et al., Resilience management: A framework for assessing and improving the resilience of organisations, *Resilient Organ. Res. Rep.*, vol. 1, p. 1–79, 2007.
- MADANI, V. et al. Distribution Automation Strategies Challenges and Opportunities in a Changing Landscape. Accepted for publication in *IEEE Transactions on Smart Grid*. DOI:10.1109/TSG.2014.2368382, 2014.
- MARCH, S. T.; SMITH, G. Design and natural science research on information technology, *Decision Support Systems*, Vol. 15. p. 251-266, 1995.
- MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração e interpretação de dados. 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- MENDES, J. C., Avaliação de Segurança Estática. Tese de M.Sc., UFMA, São Luiz, MA, Brasil, 1999.
- MENDONÇA, D.; WALLACE, W. Factors underlying organizational resilience: The case of electric power restoration in New York City after 11 September 2001, *Reliability Engineering and System Safety*, 2015.
- MOHAN, N. Sistemas Elétricos de Potência, LTC, Rio de Janeiro, 2016.
- MONTICELLI, A. Electric Power System State Estimation. *Proceedings of the IEEE*, Vol. 88, Nº 2, fevereiro, 2000.
- MONTICELLI, A. Fluxo de Carga em Redes de Energia Elétrica. 1 ed. São Paulo, Edgard Blücher Ltda, 1983.
- MONTICELLI, A.; PEREIRA, M.V. F.; GRANVILLE, S. "Security-Constrained Optimal Power Flow with Post-Contingency Corrective Rescheduling", *IEEE Transactions on Power System*, Vol. PWRS-2, No 1, pp. 175-182, Fevereiro 1987.
- MOREIRA, D. A. Pesquisa em Administração: Origens, usos e variantes do método fenomenológico. *Revista de Administração e Inovação*, v. 1, nº. 1, 2004.

- NOGUEIRA, P., Recursos Energéticos, Universidade de Evora, Portugal, 2007. Disponível em <http://home.uevora.pt/~pmn/aulas/recursosenergeticos/Aula2>. Acessado em 15 de novembro de 2018.
- NAKANO, D. Métodos de Pesquisa Adotados na Engenharia de Produção e Gestão de Operações. In: MIGUEL, P. A. C. et al. Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações. Rio de Janeiro: Campus, cap. 4, p. 63-72, 2010.
- NATHANAEL, D.; TSAGKAS, V.; MARMARAS, N. Are trade-offs experienced and if yes, how? Study organizational resilience through operators' dilemmas, Proceeding of the 5<sup>th</sup> resilience engineering symposium, Netherland: Soesterberg, 2013.
- NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES, ENGINEERING, AND MEDICINE. Enhancing the Resilience of the Nation's Electricity System, Washington, DC: The National Academies Press, 2017. <https://doi.org/10.17226/24836>.
- NISSEBAUM, H. Securing trust online: Wisdom or oxymoron?, 81 B.U.L, Rev. 635, Hein Online, 2001.
- O GLOBO, Globo Economia, Disponível em: <https://oglobo.globo.com/economia/governo-dobra-tarifa-de-angra-3-para-viabilizar-conclusao-da-obra-23143953>. Acessado em: 30 de outubro de 2018.
- ONS, PAR Executivo 2019-2023, Operador Nacional do Sistema - ONS, Disponível em: [http://ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/PAR2019\\_2023\\_sumario\\_executivo.pdf](http://ons.org.br/AcervoDigitalDocumentosEPublicacoes/PAR2019_2023_sumario_executivo.pdf). Acessado em 10 de novembro de 2018.
- ONS, Sobre o ONS, Disponível em <http://ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/atuacao>. Acessado em 10 de agosto de 2018
- ONS, Sobre o SIN, Disponível em: <http://ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>. Acessado em 10 de agosto de 2018.
- ONS, Sobre os Procedimentos de Rede, Disponível em: <http://ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/vigentes>. Acessado em 10 de maio de 2018.
- ONS, Glossário de Termos técnicos – Submódulo 2 <http://ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/mapas>, Disponível em: <http://ons.org.br/paginas/sobre-o-ons/procedimentos-de-rede/vigentes>. Acessado em 10 de dezembro de 2018.
- ORENCIO, P. M.; FUJII, M. A localized disaster-resilience index to assess coastal communities based on an analytic hierarchy process (AHP), Int. J. Disaster Risk Reduct., vol. 3, p. 62–75, 2013.
- OTTENS, M. et al. Modelling infrastructures as socio-technical systems, International Journal of Critical Infrastructures , Vol. 2, No. 2/3, 2006

- OUYANG, M.; ZHENGHUA, W. Resilience assessment of interdependent infrastructure systems: With a focus on joint restoration modeling and analysis, *Reliability Engineering and System Safety*, 2015.
- OUYANG, M.; WANG, Z. W. Resilience assessment of interdependent infrastructure systems: With a focus on joint restoration modeling and analysis, *Reliability Engineering and System Safety*, Elsevier, 2015
- PANTELI, M.; MANCARELLA, P. The Grid: Stronger, Bigger, Smarter? *IEEE Power & Energy Magazine*, pp. 58-66, 2015.
- PAREDES, A. E. R. O. Integração de sistemas de supervisão, proteção e automação de subestações de energia elétrica, 215f. Programa de Pós-Graduação em Automação e Sistemas Elétricos Industriais. Dissertação de mestrado em Engenharia Elétrica, UNIFEI, Itajuba, 2002.
- PASMORE W. G.; SHERWOOD, J. J. *Sociotechnical Systems: A Sourcebook*. Edited by California: University Associates Inc., 1978.
- PATRIARCA R, et al., *An Analytic Framework to Assess Organizational Resilience, Safety and Health at Work*, 2017.
- PATRIARCA, R.; DI GRAVIO, G.; COSTANTINO, F. Resilience engineering to assess risks for the air traffic management system: a new systemic method, *International Journal Reliability and Safety*, Vol. 10, No. 4, 2016.
- PATTERSON, M.; DEUTSCH, E.S. Safety-I, Safety-II and Resilience Engineering. *Curr Probl Pediatr Adolesc Health Care*, 2015.
- PECILLO, M. The resilience engineering concept in enterprises with and without occupational safety and health management systems. *Safety Science*, 2015.
- PENDALL, R.; FOSTER, K. A.; COWELL, M. Resilience and regions: building understanding of them etaphor, 71–84, 2010.
- PERROW, C. *Normal Accidents*. New York: Basic Books, 1984.
- RASMUSSEN, J. *Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering*, Elsevier Science Inc., ISBN:0444009876, New York, USA, 1986.
- RADNOR, H. *Researching Your Professional Practice: Doing Interpretive Research*. Open University Press, Buckingham, 2001.
- RANKIN, A.; LUNDBERG, J.; WOLTJER, R. A framework for learning from adaptive performance. In: Nemeth CP, Hollnagel E, editors. *Becom. Resilient*, Ashgate Publishing, Ltd.; p. 79–96, 2014.
- REASON, J. *Human Error*. Cambridge University Press, Cambridge, 1990, 5a ed. 1997.

- RIGAUD, E.; MARTIN, C. Considering trade-offs when assessing resilience. *Resil. Eng. Assoc. 4th Int. Symp.*, Soesterberg (The Netherlands): REA; 2013.
- RIGHI, A. Caracterização e Análise da Complexidade como Recurso para Gestão de Sistemas Sócio-Técnicos, Tese de doutorado, UFRGS, 2014.
- RIGHI, A. W.; SAURIN, T. A. Complex socio-technical systems: Characterization and management guidelines, *Applied Ergonomics* 50, Elsevier, 2015
- RIGHI, A. W.; SAURIN, T. A.; WACHS, P. A systematic literature review of resilience engineering: Research areas and a research agenda proposal. **Reliability Engineering & System Safety**, Elsevier, 2015
- RINALDI, S. M.; PEERENBOOM, J. P.; KELLY, T. K. Critical Infrastructure Interdependencies, *IEEE Control Systems Magazine*, 2001.
- ROBERTS K.H.; STOUT. S.K.; HALPERN J.J. Decision dynamic sin two high reliability military organizations. *Manag Sci*; 40(5), p.614–624, 1994.
- ROE, E.; SCHULMAN, P. A reliability & risk framework for the assessment and management of system risks in critical infrastructures with central control rooms, Volume 110, Part C, p. 80-88, 2018.
- ROEGE, P. E. et al. Metrics for energy resilience, *Energy Policy*, vol. 72, p. 249–256, 2014.
- ROELEN, A.L.C.; LIN, P.H.; HALE, A.R. ‘Accident models and organisational factors in air transport: the need for multi-method models’, *Safety Science*, Vol. 49, p. 5–10, doi:10.1016/j.ssci.2010.01.022, 2011.
- ROMME, A. G. L. Making a difference: Organization as Design. *Organization Science*, <http://dx.doi.org/10.1287/orsc.14.5.558.16769>; v. 14, n. 5, p. 558-573, 2003.
- ROSA, L. P.; TOLMASQUIM, M. T.; PIRES J.C. L. A. Reforma do setor elétrico no Brasil e no mundo, *Relume Dumará*, 213, Rio de Janeiro, 1998.
- SATO F. Noções de Proteção de Sistemas de Energia Elétrica. Apostila da Universidade Estadual de Campinas – Departamento de Sistemas de Energia Elétrica. Editado pela própria Unicamp, 2002.
- SAURIN, T. A.; JUNIOR, G. C. Propostas de melhorias em um método de avaliação de sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho, *Prod.* vol. 21, nº 1, São Paulo Jan./Mar. 2011.
- SAURIN, T. A.; SOSA, S. Assessing the compatibility of the management of standardized procedures with the complexity of a sociotechnical system: Case study of a control room in an oil refinery *International Journal of Production Research*, *Applied Ergonomics*, Volume 44, p. 811-823, 2013.

- SAURIN, T. A.; ROOKE, J.; KOSKELA, L. A complex systems theory perspective of lean production. *International Journal of Production Research*, v. 51, n. 19, p. 5824–5838, 2013.
- SAURIN, T. A.; WACHS, P.; COSTELLA, M. Exploring synergies between the design of procedures and the development of resilience skills. In: *Proceedings of the 6th Resilience*, 2015.
- SALGADO, R. S. et al. *Técnicas para a Operação de Sistemas Elétricos*, Curso de Aperfeiçoamento, Universidade Federal de Santa Catarina, Setembro, 2004.
- SAVIOJA, P. et al. Identifying resilience in proceduralised accident management activity of NPP operating crews, *Safety Science*, edição 68, p. 258-274, 2014.
- SHARMA, B.; MISHRA, A.; AGGARWAL, R.; GRANTCHAROV, T. “Non-technical skills assessment in surgery”, *Surgical Oncology*, pp. 1-9, 2010.
- SHEHABUDEEN, N.; PROBERT, D.; PHAAL, R. Representing and approaching complex management issues: part 1 – role and definition. Working Paper UC, Cambridge, 2000.
- SHINOZUKA M. et al. Resilience of integrated power and water systems, in *Proc. Seismic Eval. Retrofit Lifeline Syst.*, p. 65–86, 2003.
- SHORT, T.A. *Electric Power Distribution Handbook*. Ed. CRC Press, 2004.
- SIEMENS. *INFRASTRUCTURE & CITIES*, Revista Fator Brasil, 24/05/2013, 2013.
- SIMONETTI, M. J. *Engenharia de Sistemas em Sistemas Sociotécnicos*, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Dissertação de mestrado, São Paulo, 2010.
- SIN, Sistema Interligado Nacional, Operador Nacional do Sistema, <http://ons.org.br/paginas/sobre-o-sin/o-que-e-o-sin>. Acessado em 30 de setembro de 2018.
- SEAMSE, Relatório da Síntese da Apuração Mensal de Serviços e Encargos da Transmissão Operador Nacional do Sistema - ONS, Disponível em: [http://ons.org.br/AcervoDigital/DocumentosEPublicacoes/SEAMSE\\_20189](http://ons.org.br/AcervoDigital/DocumentosEPublicacoes/SEAMSE_20189). Acessado em 30 de outubro de 2018.
- SIEGEL, A.; SCHRAAGEN, J.M.C. Beyond procedures: Team reflection in a rail control centre to enhance resilience, *Safety Science*, edição 91, p. 181–191, 2017.
- SMIT, B.; WANDEL, J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Glob Environ Change*;16(3):282–292, 2006.
- SNOOK, S. *Friendly fire: The accidental shutdown of U.S.A Black Hawks over Northern Iraq*, Princeton, Princeton University Press, 2000.
- STOTT, B.; ALSAC, O.; MONTICELLI, J. A.; *Security Analysis and Optimization*. *Proceedings of the IEEE*, New York, V.75, N. 12, p. 1623- 1642; 1987.
- THOMAS, M. U. *Reliability and warranties: methods for product development and quality improvement*. CRC Press, 2006.
- TOLMASQUIM, M. T. *Novo Modelo do Setor Elétrico Brasileiro - 2ª Edição*, 2015.

- TRIOLA, M. F. Introdução à Estatística, Rio de Janeiro: Livros Técnicos científicos, 1999.
- TRIST, E. L. The evolution of socio-technical system. Toronto, Ontario: Ministry of Labor/Ontario Quality of Working Life Center (Issues in the quality of working life: a serie of occasional papers, n2), jun. 1981.
- TRIVIÑOS, A. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: Atlas, 1987.
- VALE, M. H. M.; Centros Modernos de Supervisão e Controle de Sistemas de Energia Elétrica, 334f, dissertação de Mestrado, COPPE/UFRJ, 1986.
- VAN AKEN, J.; CHANDRASEKARAN, A.; HALMAN, J. Conducting and publishing design science research: Inaugural essay of the design science department of the journal of operations management. *J Oper Manage*, 47-48:1–8, 2016.
- VAN AKEN, J. E. Management Research as a Design Science: Articulating the Research Products of Mode 2 Knowledge Production in Management. *British Journal of Management*, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8551.2005.00437>, p. 19-36, 2005.
- VAN AKEN, J. E. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for FieldTested and Grounded Technological Rules. *Journal of Management Studies*, v. 41, n. 2, p. 219-246, 2004.
- VAN DER BEEK, D.; SCHRAAGEN, J.M. ADAPTER: Analysing and developing adaptability and performance in teams to enhance resilience. *Reliab Eng Syst Saf* 2015;141. doi:10.1016/j.ress, 2015
- WACHS, P. Modelo para integração entre melhoria de procedimentos operacionais e capacitação de operadores de sistemas sócio-técnicos complexos, Tese de doutorado, UFRGS, 2016.
- WALLACE, W. A. Factors underlying organizational resilience: The case of electric power restoration in New York City after 11 September 2001, *Reliability Engineering and System Safety*, Elsevier, 2015.
- WATSON, J. et al., Conceptual framework for developing resilience metrics for the electricity, oil, and gas sectors in the United States,” Sandia Nat. Lab., Albuquerque, NM, USA, Tech. Rep. SAND2014-18019, 2014.
- WEICK, K. E. Organizational culture as a source of high reliability. *California Management Review* 29, 112–128, 1987.
- WELS, H. C. Data collection and reability analysis of power plants in Netherlands. Nuclear Research & Consultancy Group NRG, 2003.

- WHITSON, J. C.; RAMIREZ-MARQUEZ, J. E. Resiliency as a component importance measure in network reliability, *Rel. Eng. Syst. Safety*, vol. 94, no. 10, p. 1685–1693, 2009.
- WOLTER, K.; AVRITZER, A.; VIEIRA M.; MOORSEL A. V., *Resilience assessment and evaluation of computing systems*. Springer, 2012.
- WOOD, A. J.; WOLLENBERG, B.F. *Power Generation, Operation, and Control*. 2 ed. New York, John Wiley & Sons, 1996.
- WOOD, M. et al. *Assessing Institutional Resilience: A Useful Guide for Airline Safety Managers?* ATSB Research and Analysis Report, Australian Transport Safety Bureau, Canberra City, 2006.
- WOODS, D. D. Escaping failures of foresight, *Safety Science*, Vol 47, pg 498-501, 2009.
- WOODS, D. D. et al. *Behind Human Error*, England: Ashgate Publishing Limited, 2010.
- WREATHALL, J. Measuring resilience. In: Nemeth CP, Hollnagel E, Dekker S, editors. *Resil. Eng. Perspect. Vol. 2 Prep. Restor.*, Ashgate Publishing, Ltd, p. 95–114; 2009.
- XINGHUO, Y.U et al. The New frontier of smart grids. *Industrial Electronics Magazine, IEEE*, v.5, n.3, p.49-63, set. 2011.
- YIN, R. K. *Estudo de caso: planejamento e métodos*. 2.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.
- ZARBOUTIS, N.; WRIGHT, P. Using complexity theories to reveal emerged patterns that erode the resilience of complex systems, *Proceeding of 2<sup>nd</sup>, resilience engineering Symposium*, France: Juan-Les-Pins, 2006.
- ZHANG, D. et al. Resiliency assessment of urban rail transit networks: Shanghai metro as an example, *Safety Science*, Vol.106, p.230-243, 2018.

## GLOSSÁRIO (HOLLNAGEL et al., 2015 e ONS, 2018)

**Agentes do setor elétrico:** Podem ser de **comercialização** (titular de autorização outorgada pelo Poder Concedente para exercer a atividade de comercialização de energia elétrica no âmbito da CCEE, pode ainda ser chamado comercializador ou agente comercializador), **distribuição** (titular de concessão ou permissão com delegação do poder concedente para a prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica, pode ainda ser chamado de concessionária, permissionária de distribuição ou distribuidora), **exportação/importação** (autorizado a exportar/importar energia elétrica), **geração** (titular de concessão, permissão ou autorização outorgada pelo Poder Concedente para fins de geração de energia elétrica pode ainda ser chamado de agente de produção ou gerador), **operação** (todo agente de geração, agente de transmissão, agente de distribuição, agente de importação, agente de exportação assim considerados os titulares de concessão, permissão ou autorização para exploração dos serviços de energia elétrica, e consumidor livre, responsáveis por instalações integrantes da rede de operação e sujeitos aos Procedimentos de Rede) e **transmissão** (titular de concessão ou equiparado com delegação do poder concedente para a prestação do serviço público de transmissão de energia elétrica. Diz-se, também, concessionária de transmissão ou transmissora).

**Ajustes (aproximados):** Quando as condições de trabalho não estão bem especificadas ou quando o tempo ou os recursos são limitados, é necessário ajustar o desempenho para que seja coerente com as condições. Esse é um dos principais motivos da variabilidade no desempenho. Porém, as mesmas condições que tornam necessários os ajustes de desempenho também apontam que os ajustes serão aproximados, e não perfeitos. No entanto, as aproximações são, na maioria das situações, boas o suficiente para assegurar o desempenho pretendido.

**Análise de causa-raiz (ACR):** No pensamento da Segurança I, violações de segurança, erros e eventos adversos manifestam-se regularmente. Os modelos lineares sugerem que é possível evitar sua recorrência se chegarmos à fonte fundamental de um problema e a corrigirmos. Daí surge a análise de causa-raiz. Seus críticos dizem que, na melhor das hipóteses, isso é apenas um trabalho reativo e que poucas fontes fundamentais de problemas podem ser tratadas com soluções simplistas.

**Análise de perturbação:** Processo que corresponde à investigação das causas e dos responsáveis pelos distúrbios ocorridos nos sistemas de geração, de transmissão, de distribuição e nas instalações dos consumidores. Engloba as etapas de detecção do defeito, interrupção e

recomposição do sistema, envolvendo a ação coordenada das equipes de operação em tempo real, estudos elétricos, e proteção e controle do ONS e dos agentes envolvidos.

**Bimodalidade:** Os sistemas e componentes tecnológicos funcionam de maneira bimodal. Em termos mais rigorosos, isso significa que, para qualquer elemento de um sistema (desde um componente até o sistema como um todo), esse elemento vai funcionar ou não. No segundo caso, diz-se que o elemento falhou. O princípio bimodal, no entanto, não se aplica a seres humanos e organizações. Pessoas e organizações são multimodais, isto é, seu desempenho é variável — às vezes melhor e às vezes pior, mas nunca completamente disfuncional. Quando um “componente” humano deixa de funcionar, não pode ser substituído da mesma forma que um componente tecnológico.

**Carga de demanda:** Potência elétrica média solicitada por um equipamento, barramento, subestação, agentes da operação, subsistema ou sistema elétrico, durante um determinado intervalo de tempo. Diz-se, também, demanda.

**Controle da geração:** controle de geração das usinas do sistema com intuito de estabilizar a frequência, devido às alterações nas cargas demandadas. Para este fim, duas sub-funções são inerentes ao processo: Controle Automático de Geração (CAG); e o despacho Econômico (ou ótimo);

**Concessão:** Delegação da prestação de um serviço, feita pelo Poder Concedente, mediante licitação na modalidade de concorrência ou de leilão, à pessoa jurídica ou consórcio que demonstre capacidade de desempenho nessa prestação de serviço, por sua conta e risco e por prazo determinado – Lei nº 8987/1995.

**Confiabilidade:** Probabilidade de um sistema ou componente realizar suas funções previstas de forma contínua, adequada e segura, por um período de tempo preestabelecido, sob condições operativas predefinidas.

**Contingência:** Perda de equipamentos ou instalações que provoca ou não violação dos limites operativos ou corte de carga.

**Crença na causalidade:** Existe um pressuposto amplamente aceito de que os eventos adversos ocorrem porque algo deu errado. Quando a causa é encontrada, a situação pode ser resolvida. Por essa lógica, todos os acidentes e erros podem ser evitados: é a crença na causalidade.

**Decomposição:** Quando um problema, processo ou sistema pode ser dividido em partes a fim de conceptualizá-lo ou compreendê-lo, ele é decomponível.

**Emergência:** Nos estudos elétricos: contingência que provoca violação dos limites operativos ou corte de carga ou de geração, mesmo após adoção de medidas operativas, ou que exige atuação de Sistemas Especiais de Proteção – SEP. Na operação em tempo real: situação crítica

que pode causar danos a pessoas, equipamentos ou instalações, exigindo, portanto, providências imediatas, sem comunicação prévia com os centros de operação do ONS.

**Engenharia da resiliência:** Disciplina científica que se concentra no desenvolvimento das práticas e princípios necessários para permitir que o desempenho dos sistemas seja resiliente.

**Eventos adversos:** Os efeitos indesejáveis dos danos causados por uma prescrição, tratamento ou intervenção de saúde costumam ser chamados de eventos adversos. Outros termos relacionados: incidentes, erros, efeitos colaterais indesejáveis ou danos iatrogênicos. De acordo com a Segurança I, uma certa proporção dos eventos adversos é considerada evitável.

**Falha:** Efeito ou consequência de ocorrência em equipamento ou LT, que acarrete sua indisponibilidade operativa em condições não programadas e que, por isso, impede o equipamento ou a LT de desempenhar suas funções em caráter permanente ou temporário.

**Flexibilidade de um sistema:** Um sistema flexível é aquele que consegue se adaptar em resposta a mudanças internas ou externas. Para que o desempenho de um sistema se sustente ao longo do tempo, é fundamental que ele seja responsivo e adaptável.

**Instruções de operação (IO):** Documentos em que se estabelecem os procedimentos detalhados para a coordenação, supervisão, controle, comando e execução da operação.

**Jusante:** Localização inferior, ou seja, em cotas mais baixas. No caso de águas correntes (rios, córregos e arroios) são os pontos situados no sentido de sua foz, ou seja, no sentido da corrente, rio abaixo.

**Montante:** Localização superior, ou seja, em cotas mais elevadas. No caso de águas correntes (rios, córregos, arroios), são os pontos situados no sentido da nascente, ou seja, no sentido oposto à corrente, rio acima.

**Perturbação:** Ocorrência no SIN caracterizada pelo desligamento forçado de um ou mais de seus componentes, que acarreta quaisquer das seguintes consequências: corte de carga, desligamento de outros componentes do sistema, danos em equipamentos ou violação de limites operativos.

**Processos emergentes:** Num número crescente de casos, é difícil ou impossível explicar o que acontece como resultado de processos ou acontecimentos conhecidos. Nesses casos, diz-se que os resultados são emergentes, e não resultantes. Os resultados emergentes não são aditivos nem previsíveis a partir dos conhecimentos que temos sobre seus componentes, nem podem ser decompostos nesses componentes.

**Resiliência:** Diz-se que o desempenho de um sistema é resiliente quando ele é capaz de ajustar seu funcionamento antes, durante ou depois da ocorrência de eventos (mudanças, distúrbios e

oportunidades) e, portanto, sustenta as operações necessárias tanto nas condições esperadas como nas inesperadas.

**SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)** – Sistema Supervisório dos centros de controle de operações de sistemas elétricos para aquisição e processamento de dados através das unidades terminais remotas (UTRs); representação dos dados aos operadores via interfaces homem-máquina; e controle remoto de abertura e fechamento de disjuntores e de dispositivos reguladores de níveis de tensão (reatores, capacitores, taps de transformadores, etc).

**SAFETY-I (Segurança I):** a segurança é descrita como a condição na qual o número de resultados adversos (por exemplo, acidentes, incidentes e *near misses*) é o mais baixo possível. Para atingir a Segurança I, precisamos assegurar que as coisas não deem errado, seja pela eliminação das causas das disfunções e dos riscos, seja pela contenção de seus efeitos.

**SAFETY-II (Segurança II):** a segurança é descrita como a condição na qual o número de resultados aceitáveis é o mais alto possível. Trata-se da capacidade de um sistema de funcionar adequadamente sob condições variadas. Para atingir a Segurança II, precisamos assegurar que as coisas deem certo, e não impedir que deem errado.

**Sistemas intratáveis:** Um sistema é chamado de intratável se for difícil ou impossível acompanhar e compreender seu funcionamento. Normalmente, isso significa que o desempenho é irregular, que as descrições são complicadas em termos de partes e relações e que é difícil compreender os detalhes do funcionamento do sistema. Sistemas intratáveis também são mal especificados, ou seja, é impossível dar uma descrição completa da forma como o trabalho deveria ser realizado num conjunto suficientemente grande de situações.

**Sistema de supervisão e controle:** Conjunto de equipamentos que, mediante aquisição automática e processamento de dados, fornece informações constantemente atualizadas a serem utilizadas pelo operador do sistema na supervisão e controle da operação.

**Sistemas sociotécnicos:** Originalmente cunhada por Trist, Bamforth e Emery a partir de seu trabalho em minas de carvão inglesas, a teoria dos sistemas sociotécnicos concentra-se nas relações entre os trabalhadores e a tecnologia. Mais recentemente, a ênfase tem sido observar as complexas infraestruturas das sociedades e das organizações e o comportamento humano. Segundo essa perspectiva, a sociedade em si, juntamente com suas organizações e instituições, constitui uma série de sistemas sociotécnicos complexos.

**Trabalho realizado (WAD):** O que efetivamente acontece. Os prestadores do cuidado ou de serviços — médicos, enfermeiros e outros profissionais de saúde — realizam o trabalho clínico na linha de frente. Eles compreendem os detalhes finos de como o trabalho clínico é realizado,

mas nem sempre têm responsabilidade pelas normas, políticas e procedimentos que governam seu trabalho.

**Trabalho imaginado (WAP):** O que projetistas, administradores, reguladores e autoridades acreditam que acontece ou deveria acontecer. Eles estão longe da linha de frente do cuidado e recebem informações de segunda ou terceira mão sobre como o trabalho é realizado. Além disso, sempre existe um atraso entre o trabalho clínico cotidiano e as informações que os administradores e formuladores de políticas recebem a seu respeito. A base para desenvolver normas, políticas e procedimentos, portanto, será sempre incompleta e, com frequência, incorreta.

**Urgência:** Situação anormal que pode causar danos a pessoas, a equipamentos ou a instalações ou desligamentos indesejados e que exige, portanto, providências, o mais breve possível, niveladas previamente com os centros de operação do ONS.

**Usina a fio d'água:** Usina hidrelétrica ou pequena central hidrelétrica que utiliza reservatório com acumulação suficiente apenas para prover regularização diária ou semanal, ou ainda que utilize diretamente a vazão afluyente do aproveitamento.

**Usinas com barragem:** A usina é composta, por barragem, sistema de captação e adução de água, casa de força e vertedouro, que funcionam em conjunto e de maneira integrada. A barragem tem por objetivo interromper o curso normal do rio e permitir a formação do reservatório. Além de “estocar” a água, esses reservatórios têm outras funções: permitem a formação do desnível necessário para a configuração da energia hidráulica, a captação da água em volume adequado e a regularização da vazão dos rios em períodos de chuva ou estiagem.

**Variabilidade no desempenho:** A abordagem atual para a segurança (Segurança II) baseia-se no princípio de equivalência entre “êxitos” e “falhas” e no princípio de ajustes aproximados. Dessa forma, o desempenho na prática é sempre variável. A variabilidade no desempenho pode se propagar de uma função para outra e, assim, causar efeitos não lineares ou emergentes.

## APENDICE A - QUESTIONÁRIO AVALIATIVO

Prezado(a), em nome da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção (PPGEP), gostaríamos de convidá-lo(a) a participar da pesquisa sobre Complexidade na Operação de Sistemas Elétricos e o relacionamento com os potenciais de resiliência na sua operação. Essa pesquisa está sendo realizada como parte dos estudos de Doutorado do aluno Giovani Freire Azeredo, sob a orientação do Prof. Dr. Tarcísio Abreu Saurin. Para participar, basta você preencher nosso questionário (aprox. 15 min) com informações referentes a um sistema sócio técnico que você conhece em profundidade (Sistema Elétrico Brasileiro). Ao ler os enunciados, você deve assinalar, em uma linha contínua, o quanto concordam com a afirmação descrita. Essa linha apresenta em seus dois extremos as âncoras “discordo totalmente” no seu valor mínimo (zero) e “concordo totalmente” no seu valor máximo (100). Quanto mais próximo de 100 o valor obtido no questionário, mais o respondente concorda com o enunciado e conseqüentemente, com a presença da característica questionada.

Em caso de dúvidas, entre em contato através do e-mail: [giovanifa@ifes.edu.br](mailto:giovanifa@ifes.edu.br)

Sua participação é muito importante. Colabore!

Att,

MSc. Giovani Freire Azeredo (PPGEP/UFRGS)

Prof. Dr. Tarcísio Abreu Saurin (PPGEP/UFRGS)

### CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ENTREVISTADO:

I - Qual o setor de desenvolvimento de suas atividades na empresa:

Pré operação  Operação em Tempo Real  Pós operação  Metrologia  Hidrologia

II - Qual o seu cargo na empresa:

Operador em tempo real  Supervisor de Operação  Engenheiro  Analista

Gerente  Outro

III - Minha idade (faixa etária) é:

Menor de 25 anos  Entre 25 e 35 anos;  Entre 35 e 50 anos  Maior que 50 anos

IV - Quanto tempo tenho de experiência em minhas atividades:

Até 5 anos  Entre 5 e 10 anos;  Entre 10 e 20 anos  Mais que 20 anos

Um Exemplo:

“A seleção brasileira de futebol ganhará a copa do mundo de 2018 na Rússia”

**Discordo  
Totalmente**



**Concordo  
Totalmente**

NOTA

--

### CARACTERIZAÇÃO DA COMPLEXIDADE

- Q1** - As atividades realizadas são dinâmicas, mudando com o passar do tempo (p.ex.: muda a disponibilidade de recursos, mudam os tipos de softwares, a carga de trabalho, as instalações, as manobras, etc.).
- Q2** - Eu tomo decisões sob incerteza, uma vez que as informações necessárias nem sempre estão disponíveis no momento e na quantidade ideal.
- Q3** - As atividades que eu realizo apresentam incerteza quanto aos seus objetivos.
- Q4** - As atividades que eu realizo apresentam incerteza nos seus métodos de execução.
- Q5** - São comuns as situações em que uma decisão ou ação amplifica um problema, criando uma bola de neve ou um círculo vicioso.
- Q6** - Existe um grande número de elementos (p.ex.: pessoas, equipamentos, materiais, procedimentos, controles) interagindo na execução das atividades.
- Q7** - A minha carga de trabalho varia muito em função da hora do dia, dia da semana, estação do ano ou em função de eventos externos (p. ex.: acidentes, catástrofes, clima).
- Q8** - Tenho grande autonomia para a realização das minhas atividades
- Q9** - É comum que eu use fontes de informação indiretas para a execução das minhas atividades (p. ex.: ao invés de eu verificar a situação in loco, eu preciso confiar em informações de colegas de trabalho ou de agentes externos como consumidores, por exemplo).
- Q10** - Situações imprevistas ocorrem com frequência durante a realização das minhas atividades.
- Q11** - As atividades apresentam vários parâmetros de controle (p.ex.: número de consumidores, número de equipes, quantidade e tipos de carga afetada, tempo de atendimento), sendo que estes parâmetros possuem relação entre si.
- Q12** - As relações de causa e efeito entre minhas ações/decisões e seus resultados são vagas e imprecisas.
- Q13** - Um pequeno erro na realização da minha atividade (p. ex.: realizar diagnóstico impreciso, solicitar/realizar uma manobra errada) pode gerar uma mudança significativa no resultado final.

**Q14** - Pequenas alterações/variabilidade em minhas atividades (por ex: mais equipes sob minha supervisão, mais consumidores sobre minha responsabilidade) podem gerar uma mudança significativa no resultado final.

**Q15** - As atividades que realizo são muito inter-relacionadas com as atividades de meus colegas (p. ex.: colegas da manutenção, colegas da construção, colegas da distribuição).

**Q16** - O ambiente externo (p. ex.: políticas de governo, atos da população, condições climáticas, greves) tem grande influência nas minhas atividades.

**Q17** - Existem folgas para a execução das atividades (p. ex.: equipamentos e equipes redundantes, tempo para tomada de decisão, recursos operativos abundantes).

**Q18** - O feedback de outras pessoas envolvidas no trabalho (p. ex.: colegas operadores, supervisores, consumidores) influencia na realização da minha atividade.

**Q19** - Existe muita diversidade técnica no meu ambiente de trabalho (p. ex.: tipos de equipamentos, softwares, materiais de apoio).

**Q20** - O meu ambiente de trabalho apresenta muita diversidade social (p. ex.: gênero, idade, nível de formação, nível de treinamento, estado civil).

**Q21** - Existe em meu ambiente de trabalho muita diversidade organizacional (p. ex.: níveis hierárquicos, setores, tipos de procedimentos, turnos).

**Q22** - O modo como as coisas funcionam atualmente nessa organização decorre da história da mesma (p. ex.: legados de pessoas que já trabalharam aqui anteriormente, políticas públicas de administradores e governos anteriores).

**Q23** - Você considera suas atividades complexas?

**Q24** - Você considera a operação do Sistema Elétrico de Potência brasileiro segura?

A constatação de que as ferramentas de medição de segurança conhecidas (FMEA, HAZOP etc.), não podem ser usadas num contexto de resiliência, levou a uma série de métodos recém-desenvolvidos com o objetivo de fornecer às organizações ferramentas para ajudá-las a melhorar suas Habilidades de resiliência. Um método é a Grade de Análise de Resiliência (RAG) desenvolvida por Erik Hollnagel, que é uma ferramenta baseada em perguntas que avalia as quatro habilidades de resiliência. O RAG foi projetado para ser usado como uma ferramenta para apoiar o gerenciamento de segurança em seu esforço para melhorar a resiliência da organização.

Para que o RAG seja útil como uma ferramenta de gerenciamento de segurança, é importante que ele seja personalizado para abordar o tipo específico de operações da organização selecionada. As perguntas devem ser feitas sob medida para que seja possível

determinar quais qualidades a organização possui em relação às quatro habilidades. Portanto, não é possível usar as mesmas perguntas de RAG para diferentes organizações. Considerando o conteúdo de cada uma das habilidades, as perguntas devem ser específicas o suficiente para possibilitar o uso do resultado como uma entrada para melhorias futuras. Mas eles também devem ser genéricos o suficiente para possibilitar um perfil justo de resiliência.

### **POTENCIAIS DE RESILIÊNCIA**

Responder: Quão pronto está a organização para responder e como é capaz de responder quando algo inesperado acontece?

Monitorar: Quão bem a organização é capaz de detectar mudanças nas condições de trabalho que possam afetar a capacidade da organização de realizar operações atuais ou pretendidas?

Antecipar: Quão grande é o esforço que a organização coloca no que pode acontecer no futuro?

A antecipação é uma preocupação estratégica?

Aprender: Quão bem a organização faz uso de oportunidades formais e informais para aprender com o que aconteceu no passado?

Agora responda as questões a seguir:

### **POTENCIAIS DE RESILIÊNCIA**

#### **Q25 - HABILIDADE RESPONDER:**

Os métodos e procedimentos de trabalho descritos no MPO (Manual de Procedimentos de Operação) são adequados ao tipo de operação desta unidade?

#### **Q26 - HABILIDADE RESPONDER**

O MPO é continuamente atualizado para refletir as operações atuais desta unidade?

#### **Q27 - HABILIDADE RESPONDER**

Os procedimentos e métodos do MPO estão de acordo com minha visão de como o trabalho deve ser executado?

#### **Q28 - HABILIDADE RESPONDER**

O MPO é flexível, permitindo que o operador individual ajuste suas ações quando julgar apropriado.

#### **Q29 - HABILIDADE RESPONDER**

Há recursos suficientes disponíveis (pessoal, tecnologia, outros) para atender aos requisitos dos procedimentos operacionais?

**Q30 - HABILIDADE RESPONDER**

Existem recursos suficientes para que minha equipe possa responder eficazmente a situações e eventos inesperados?

**Q31 - HABILIDADE RESPONDER**

Existem medidas para garantir que a capacidade de responder seja mantida?

**Q32 - HABILIDADE RESPONDER**

Minha Equipe responde bem a situações e eventos inesperados?

**Q33 - HABILIDADE RESPONDER**

Possuímos autonomia, independentemente da situação, para resolver uma ocorrência ou evento inesperado?

**Q34 - HABILIDADE RESPONDER**

Sei quem procurar quando preciso de ajuda para resolver uma situação ou evento inesperado

**Q35 - HABILIDADE RESPONDER**

A resposta aos eventos inesperados ocorre na velocidade desejada?

**Q36 - HABILIDADE RESPONDER**

Se algo inesperado acontecer, minha equipe investigará as causas.

**Q37 - HABILIDADE RESPONDER**

Estou preparado para responder quando algo inesperado acontece.

**Q38 - HABILIDADE RESPONDER**

A organização que trabalho está preparada para responder quando algo inesperado acontece.

**Q39 - HABILIDADE DE MONITORAR**

Existem indicadores (quantitativos ou qualitativos) do que poderia ter um impacto na capacidade operacional das unidades?

**Q40 - HABILIDADE DE MONITORAR**

Os indicadores são confiáveis (isto é, os dados são apresentados corretamente e com precisão)?

**Q41 - HABILIDADE DE MONITORAR**

São bem conhecidas / definidas as situações usuais que podem levar a problemas?

**Q42 - HABILIDADE DE MONITORAR**

A capacidade de monitorar é suficiente?

**Q43 - HABILIDADE DE MONITORAR**

Dentro da minha equipe, nos conhecemos e sabemos exatamente o que esperar um do outro.

**Q44 - HABILIDADE DE MONITORAR**

Costumo compartilhar informações relevantes com meus colegas por minha própria iniciativa.

**Q45 - HABILIDADE DE MONITORAR**

Trocamos ideias quando temos diferentes compreensões sobre o que está acontecendo, para chegarmos a uma consciência situacional compartilhada.

**Q46 - HABILIDADE DE MONITORAR**

Não hesito em falar abertamente, quando penso de modo diferente dos meus colegas, sobre a solução proposta para a ocorrência inesperada.

**Q47 - HABILIDADE DE MONITORAR**

A organização é capaz de detectar mudanças nas condições de trabalho que possam afetar sua capacidade realizar operações atuais ou pretendidas?

**Q48 - HABILIDADE DE ANTECIPAR**

Há rotinas e indicadores periódicos (semanal, mensal etc.) sendo feito para avaliar futuras ameaças e oportunidades?

**Q49 - HABILIDADE DE ANTECIPAR**

As futuras ameaças e oportunidade são bem definidas e disseminadas para todos os funcionários?

**Q50 - HABILIDADE DE ANTECIPAR**

A cultura organizacional dessa unidade valoriza a segurança?

**Q51 - HABILIDADE DE ANTECIPAR**

A antecipação de possíveis eventos indesejados durante a execução de manobras é eficaz?

**Q52 - HABILIDADE DE ANTECIPAR**

Há antecipação, em detalhes, de possíveis cenários indesejados que podem ocorrer nos próximos meses ou ano?

**Q53 - HABILIDADE DE ANTECIPAR**

Posso avaliar uma situação de risco e agir com o objetivo de causar o menor impacto possível aos meus clientes (agentes).

**Q54 - HABILIDADE DE ANTECIPAR**

A antecipação é uma preocupação estratégica de minha atividade (trabalho)?

**Q55 - HABILIDADE DE ANTECIPAR**

A organização em que trabalho está preparada para antecipar ocorrências de atividades em tempo real?

**Q56 - HABILIDADE DE APRENDER**

Está claramente estabelecido o que deve ser relatado nos RDO (Relatório Diário de Operação)?

**Q57 - HABILIDADE DE APRENDER**

Os relatórios enviados são investigados adequadamente?

**Q58 - HABILIDADE DE APRENDER**

O tempo desde a apresentação de um relatório até que o relator receba feedback é aceitável?

**Q59 - HABILIDADE DE APRENDER**

Os funcionários foram treinados sobre como redigir os RDO para uma melhor compreensão?

**Q60 - HABILIDADE DE APRENDER**

Existem recursos (dados, informações, pessoal) suficientes para escrever relatórios?

**Q61 - HABILIDADE DE APRENDER**

Os funcionários são motivados a escrever nos relatórios todas as anomalias vivenciadas no plantão?

**Q62 - HABILIDADE DE APRENDER**

Relatórios anteriores de outras unidades são disponíveis para estudo e conclusões?

**Q63 - HABILIDADE DE APRENDER**

As lições são aprendidas com as coisas que dão certo?

**Q64 - HABILIDADE DE APRENDER**

As lições são aprendidas com as coisas que dão errado?

**Q65 - HABILIDADE DE APRENDER**

Você compartilha informações e aprendizado com pessoal de outras unidades?

**Q66 - HABILIDADE DE APRENDER**

Se ocorrer uma situação irregular/inesperada, minha equipe discute explicitamente como foi realizada a alocação de tarefas e responsabilidades.

**Q67 - HABILIDADE DE APRENDER**

Quando algo quase dá errado (quase-acidente/near miss), minha equipe vê isso como uma falha que precisamos resolver.

**Q68 - HABILIDADE DE APRENDER**

Procuro revisar regularmente os métodos de trabalho depois de um quase incidente.

**Q69 - HABILIDADE DE APRENDER**

Relato meus erros mesmo quando ninguém os notou.

**Q70 - HABILIDADE DE APRENDER**

A equipe faz uso de oportunidades formais e informais para aprender com o que aconteceu no passado?

Obrigado por dedicar seu tempo e colaborar com a pesquisa brasileira! Os resultados dessa pesquisa serão publicados como parte de uma tese de doutorado que poderá ser acessada gratuitamente no repositório digital da UFRGS (<https://www.lume.ufrgs.br>) após a sua conclusão. Deixe no espaço abaixo sua contribuição ou sugestão para essa pesquisa.

## APÊNDICE B – RESULTADOS DA PESQUISA APLICADA PARA COMPLEXIDADE GERAL

PERFIL DOS ENTREVISTADOS		GRANDE NÚMERO DE ELEMENTOS QUE INTERAGEM DE FORMA DINÂMICA					VARIABILIDADE INESPERADA										GRANDE DIVERSIDADE DE ELEMENTOS			RESILIÊNCIA				GERAL	
		Q1	Q6	Q7	Q11	Q15	Q2	Q3	Q4	Q5	Q9	Q10	Q12	Q13	Q14	Q16	Q19	Q20	Q21	Q8	Q17	Q18	Q22	Q23	Q24
Setor de Trabalho	Pré-Operação	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
	Tempo Real	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	Pós-Operação	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
Desvio Padrão	Desvio Pré-Operação	21,3	30,5	35,5	18,5	30,3	31,6	37,3	27,6	15,2	34,8	28,2	10,5	27,8	30,2	25,3	12,0	27,5	15,3	14,9	29,4	17,1	23,3	11,6	7,2
	Desvio Tempo Real	16,8	8,8	24,2	14,0	8,2	36,9	33,0	26,6	35,4	32,5	26,5	21,9	14,3	34,0	27,9	14,8	30,9	20,7	20,3	31,8	11,8	24,9	15,1	10,0
	Desvio Pós-Operação	20,0	16,5	26,0	29,3	35,5	35,6	23,7	31,3	35,2	17,5	32,8	8,0	27,0	31,7	22,4	29,1	30,1	20,3	24,0	31,4	20,4	12,0	12,9	6,4
Média	Média Pré-Operação	79,2	72,3	68,0	86,1	71,8	25,5	31,0	16,7	11,5	55,9	41,2	7,2	82,9	59,6	75,1	89,0	79,5	79,3	81,5	67,5	78,3	80,5	88,4	93,2
	Media Tempo Real	87,3	94,6	85,0	90,8	94,0	43,6	19,1	15,0	28,6	69,4	74,4	13,9	88,1	53,6	73,4	87,1	73,8	80,3	63,1	48,3	88,8	74,7	89,8	90,6
	Média Pós-Operação	61,8	87,7	55,0	70,4	68,5	35,0	9,6	27,7	34,2	82,8	44,6	4,2	74,7	46,3	78,0	76,7	71,9	79,2	78,2	61,6	70,1	89,2	86,0	93,2
Dif. Médias	Diferença	25,5	22,3	30,0	20,4	25,5	18,1	21,4	12,8	22,7	26,9	33,2	9,7	13,4	13,3	4,6	12,3	7,6	1,1	18,4	19,2	18,7	14,5	3,8	2,6
Significância	Significância	2,82	2,05	2,19	1,93	1,77	1,23	1,55	0,99	1,95	2,20	2,49	2,38	1,12	0,99	0,44	1,28	0,60	0,14	2,13	1,45	2,28	1,76	0,72	0,86
Limite de decisão	1,75	Signif.	Signif.	Signif.	Signif.	Signif.						Signif.	Signif.	Signif.	Signif.				Signif.		Signif.	Signif.			
Cargo na empresa	Operador	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	
	Engenheiro	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	
	Desvio Padrão	Desvio Operador	18,3	7,6	24,6	15,1	8,6	36,9	30,8	24,9	37,3	32,7	24,9	23,6	14,1	32,8	28,7	15,4	30,3	16,4	21,2	32,5	12,8	26,9	16,4
Média	Média Operador	87,2	96,1	87,9	90,7	95,0	37,6	16,8	12,6	31,0	71,0	77,6	15,6	89,9	59,7	74,5	87,7	77,0	85,3	63,0	43,9	88,8	74,2	89,9	90,0
	Media Engenheiro	72,9	81,3	62,6	80,0	73,0	37,6	21,6	23,3	22,2	68,6	45,3	5,5	78,6	47,6	75,2	82,8	72,6	75,2	77,2	65,5	76,4	83,8	87,6	93,3
	Dif. Médias	Diferença	14,4	14,8	25,3	10,7	21,9	0,0	4,8	10,7	8,7	2,4	32,3	10,1	11,3	12,1	0,7	5,0	4,3	10,2	14,2	21,6	12,4	9,6	2,3
Significância	Significância	2,47	3,02	3,21	1,85	3,45	0,00	0,51	1,33	0,88	0,26	3,97	1,86	1,91	1,27	0,09	0,91	0,49	1,87	2,32	2,40	2,71	1,41	0,54	1,22
Limite de decisão	2,07	Signif.	Signif.	Signif.		Signif.						Signif.								Signif.	Signif.	Signif.			
Faixa Etária	Menor de 35 anos	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
	Maior de 35 anos	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
	Desvio Padrão	Desvio Menor que 35	20,5	21,2	29,2	24,0	31,6	36,8	30,7	29,3	33,2	30,9	29,3	22,1	18,0	29,7	22,0	20,5	30,6	20,7	19,3	35,0	19,1	18,3	9,6
Média	Média Menor que 25	77,7	87,4	73,3	81,3	80,0	39,2	17,2	19,9	27,8	68,7	65,0	14,0	83,4	57,5	77,0	84,3	75,6	79,0	71,5	51,5	79,6	83,0	89,7	93,6
	Media Maior que 35	81,8	89,0	75,2	89,6	87,0	35,6	22,4	16,4	24,2	71,1	53,6	5,1	84,3	47,5	72,0	85,9	73,4	80,8	69,7	61,1	85,2	74,9	87,2	89,5
	Dif. Médias	Diferença	4,1	1,6	1,9	8,2	6,9	3,6	5,2	3,5	3,7	2,4	11,4	9,0	0,9	10,1	5,0	1,6	2,2	1,8	1,9	9,6	5,6	8,1	2,5
Significância	Significância	0,65	0,29	0,21	1,42	1,00	0,34	0,53	0,43	0,38	0,26	1,18	1,96	0,14	1,03	0,63	0,28	0,25	0,31	0,28	1,06	1,16	1,16	0,56	1,61
Limite de decisão	1,71											Signif.													
Experiencia	Até 10 anos	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
	Mais de 10 anos	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	
	Desvio Padrão	Desvio até dez anos	20,9	23,4	28,6	25,3	33,8	35,1	29,2	27,6	32,2	32,5	30,9	13,9	18,2	28,8	23,5	22,2	31,6	21,2	16,9	33,2	19,4	18,5	9,2
Média	Média até 10 anos	76,1	83,1	66,7	78,6	73,8	39,2	19,3	22,0	26,8	67,0	56,0	10,5	82,9	57,3	72,5	81,4	71,5	76,8	75,0	58,5	75,0	82,8	89,6	92,4
	Media mais de dez anos	82,0	92,0	79,9	89,7	90,2	36,4	19,6	15,6	25,8	71,8	63,2	9,8	84,5	50,0	76,7	87,8	77,0	82,2	67,5	53,5	87,5	76,9	87,8	91,4
	Dif. Médias	Diferença	6,0	8,9	13,2	11,1	16,4	2,7	0,3	6,4	0,9	4,8	7,2	0,7	1,6	7,3	4,2	6,4	5,5	5,4	7,5	5,0	12,5	5,9	1,8
Significância	Significância	0,96	1,50	1,53	1,73	2,05	0,26	0,03	0,77	0,10	0,51	0,76	0,13	0,25	0,78	0,55	1,10	0,61	0,92	1,23	0,52	2,49	0,91	0,46	0,37
Limite de decisão	2,07																					Signif.			



PERFIL DOS ENTREVISTADOS		ANTECIPAR								APRENDER														
		Q48	Q49	Q50	Q51	Q52	Q53	Q54	Q55	Q56	Q57	Q58	Q59	Q60	Q61	Q62	Q63	Q64	Q65	Q66	Q67	Q68	Q69	Q70
Setor de Trabalho	Pré-Operação	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	Tempo Real	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Pós-Operação	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Desvio Padrão	Desvio Pré-Operação	29,3	25,7	15,6	10,7	26,0	7,6	10,1	14,1	7,6	8,5	13,3	25,2	9,4	9,1	17,6	15,8	19,6	9,9	16,7	19,0	17,1	10,7	27,5
	Desvio Tempo Real	18,9	26,4	22,3	13,3	23,1	8,1	7,4	21,0	21,8	29,5	31,3	32,5	22,1	26,1	31,8	17,2	13,8	29,5	16,2	19,3	15,8	22,2	13,8
	Desvio Pós-Operação	26,3	17,9	19,1	21,3	32,5	21,2	27,6	17,0	31,2	29,0	24,1	27,2	11,5	32,1	26,7	28,1	17,1	14,2	21,5	16,9	18,6	12,7	21,8
Média	Média Pré-Operação	44,4	57,7	89,9	86,9	73,8	91,9	91,9	85,8	93,2	89,6	80,1	79,1	86,3	87,7	82,2	85,0	84,0	91,4	82,3	81,8	84,8	89,5	70,5
	Media Tempo Real	75,0	66,2	88,1	86,3	74,9	93,9	96,2	86,2	91,4	67,6	55,2	60,9	83,1	83,4	77,0	89,1	93,3	64,7	87,7	89,8	90,2	83,8	89,1
	Média Pós-Operação	51,7	29,7	79,0	73,2	63,7	82,7	73,7	83,7	52,4	71,4	58,8	51,8	89,5	64,1	77,2	54,9	70,4	76,9	74,3	76,3	81,4	90,3	72,8
Dif. Médias	Diferença	30,6	36,4	10,9	13,7	11,2	11,2	22,4	2,5	40,8	22,0	24,9	27,3	6,5	23,6	5,2	34,2	22,9	26,7	13,4	13,6	8,8	6,5	18,6
Significancia	Significância	2,50	3,73	1,44	1,89	0,87	1,64	2,52	0,36	4,20	2,40	2,97	2,38	1,42	2,34	0,53	3,48	2,85	5,02	1,60	1,72	1,13	1,28	1,71
Limite de decisão	1,75	Signif.	Signif.		Signif.			Signif.		Signif.	Signif.	Signif.	Signif.		Signif.		Signif.	Signif.	Signif.					
Cargo na empresa	Operador	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
	Engenheiro	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	Desvio Padrão	Desvio Operador	19,5	27,8	23,9	14,4	23,8	8,7	7,8	22,6	23,7	31,2	30,9	34,6	23,7	28,5	30,3	12,3	6,3	30,7	17,4	13,0	16,7	23,4
Média	Média Operador	73,8	64,7	86,3	86,1	73,9	94,4	95,9	85,5	90,3	65,0	54,0	58,0	84,4	83,1	80,5	93,0	96,3	65,3	88,2	94,1	90,9	83,5	92,0
	Media Engenheiro	53,5	48,0	86,3	81,0	70,4	87,8	84,8	85,6	75,9	80,2	67,7	66,6	86,1	76,9	76,2	69,2	77,0	80,2	79,2	77,1	83,5	89,1	72,0
	Dif. Médias	Diferença	20,2	16,8	0,0	5,1	3,5	6,6	11,1	0,1	14,4	15,2	13,7	8,6	1,7	6,2	4,2	23,8	19,3	14,9	9,0	17,0	7,4	5,6
Significancia	Significância	2,85	2,06	0,01	1,11	0,46	1,85	2,40	0,01	1,82	1,88	1,65	0,93	0,31	0,79	0,51	4,00	4,49	1,96	1,72	3,43	1,50	0,99	3,86
Limite de decisão	2,07	Signif.						Signif.									Signif.	Signif.			Signif.			Signif.
Faixa Etária	Menor de 35 anos	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Maior de 35 anos	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Desvio Padrão	Desvio Menor que 35	25,9	29,0	23,8	18,5	28,7	12,5	21,4	22,2	32,4	29,4	28,1	30,8	21,7	29,3	27,6	27,4	16,1	28,2	20,3	21,3	18,7	20,3
Média	Média Menor que 25	60,8	55,0	83,2	81,8	70,7	89,7	85,8	84,1	76,1	72,0	58,6	56,7	82,7	73,6	77,4	79,2	87,8	70,1	81,2	82,1	87,8	86,1	82,7
	Media Maior que 35	65,3	56,5	90,4	85,3	73,7	92,2	95,1	87,4	90,8	75,0	65,2	70,5	88,8	87,7	79,2	81,2	83,2	77,8	86,1	88,5	85,8	87,2	79,2
	Dif. Médias	Diferença	4,4	1,5	7,2	3,4	3,0	2,5	9,3	3,2	14,6	3,0	6,6	13,7	6,1	14,1	1,8	2,0	4,7	7,7	4,9	6,4	2,0	1,1
Significancia	Significância	0,55	0,18	1,27	0,77	0,40	0,64	2,01	0,63	1,94	0,37	0,79	1,53	1,26	1,95	0,22	0,29	0,83	1,05	0,95	1,16	0,41	0,21	0,53
Limite de decisão	1,71							Signif.		Signif.						Signif.								
Experiencia	Até 10 anos	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
	Mais de 10 anos	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
	Desvio Padrão	Desvio até dez anos	24,3	28,2	25,4	19,6	32,1	13,4	23,1	23,8	34,0	29,2	28,1	32,9	20,1	29,1	27,7	28,8	18,3	24,0	21,3	22,1	21,6	20,9
Média	Média até 10 anos	52,7	45,5	78,8	78,1	65,8	87,8	81,9	82,2	69,2	71,7	56,6	58,5	82,8	71,0	76,1	71,4	82,4	73,1	78,0	74,7	82,6	84,9	77,5
	Media mais de dez anos	70,5	63,4	92,1	87,3	76,7	93,1	96,0	88,1	92,7	74,5	65,2	66,0	87,3	86,5	79,8	86,7	88,4	73,7	87,4	92,7	90,2	87,8	84,0
	Dif. Médias	Diferença	17,9	18,0	13,4	9,3	10,9	5,3	14,1	6,0	23,5	2,8	8,7	7,5	4,5	15,5	3,7	15,3	6,0	0,6	9,4	18,0	7,6	2,9
Significancia	Significância	2,40	2,20	2,15	1,90	1,34	1,37	2,63	1,01	2,85	0,34	1,04	0,80	0,82	1,98	0,44	2,08	1,10	0,07	1,69	3,27	1,43	0,52	1,08
Limite de decisão	2,07	Signif.	Signif.	Signif.				Signif.		Signif.						Signif.				Signif.				

## APÊNDICE D - FRAM - OPERAÇÃO, SUPERVISÃO E CONTROLE DE SISTEMAS ELÉTRICOS

Nome da função	<b>Operar em tempo real</b>
Descrição	Executa as atividades de monitoramento e atua nos processos não programados urgentes e emergenciais.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	PDO
	MPO
	Informações do sistema de supervisão de controle.
	Cronograma de obras
	Informações dos agentes.
	Alerta e aviso de tempo severo
	Informações sobre Queimadas na linha de transmissão sujeitas a serem afetadas.
	Desligamento compõe uma atividade do PDO de caráter urgente
	Previsão das condições meteorológicas
Saídas	Controle de tensão/carregamento do sistema
	controle da frequência - geração
	RDO (Relatório diário da operação).
	energia elétrica de qualidade. (conformidade, confiabilidade e continuidade) e economicidade
	Dados hidráulicos verificados pela operação e postos de vazão em tempo real.
	Informações temporais e sobre queimadas coletadas pela operação em tempo real
	Registro de perturbação
Pré-requisitos	Equipe de tempo real treinada em documento normativo
	Contatos com os agentes
	Sistema de Supervisão
Recursos	MPO
	Organon - realiza análise de segurança.
	Dados meteorológicos instantâneos. DQDM (está chovendo, descarga atmosférica, deslocamento de frio, umidade relativa do ar, temperatura).
Controle	Idem recursos.
Tempo	tempo resposta deveria ser mais imediato para evitar reincidências dos problemas praticamente simultâneas.

Nome da função	<b>Programar o controle das hidroelétricas</b>
Descrição	
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Dados hidráulicos verificados pela operação e postos de vazão em tempo real.
	Restrições hidráulicas formadas pelos proprietários das usinas.
	Índice meteorológico (chuva)
Saídas	PDF (Programa diário de defluencia)
	Previsão de vazão e restrições hidráulicas
Pré-requisitos	Dados gerados e consolidado pela operação tempo real.
Recursos	softwares de coleta e análise de dados.
Controlo	avaliação anual do desempenho das atividades.
Tempo	

Nome da função	<b>Elaborar e atualização de documentos operativos</b>
Descrição	PDP - Plano diário de Operação..
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Resoluções, portarias e procedimentos de redes
	Notas técnicas, relatórios pré-operacional, mensal e quadrimestral
	Informações enviadas pelos agentes
	Sugestões de experiências operativa
	mensagens operativas
Saídas	Documentos operativos
	cadastro de Instalações
	mensagens operativas
Pré-requisitos	somente as entradas
Recursos	aplicativos computacionais ECM (Enterprise Content Management).
	Aplicativos específicos da ONS
Controlo	Resultado gerado pela operação.
	Gestores
Tempo	

Nome da função	<b>Treinar as equipes</b>
Descrição	
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Documentos operativos diagramas operativos
Saídas	Equipe de tempo real treinada em documento normativo
Pré-requisitos	
Recursos	infra-estrutura para treinamento
Controlo	Gestor
Tempo	

Nome da função	<b>Elaborar cronograma de obras</b>
Descrição	
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Resoluções, portarias e procedimentos de redes Notas técnicas, relatórios pré-operacional, mensal e quadrimestral Informações enviadas pelos agentes Sugestões de experiencias operativa
Saídas	Cronograma de obras
Pré-requisitos	somente as entradas
Recursos	Aplicativos computacionais de editor de texto
Controlo	Gestores
Tempo	

Nome da função	<b>Controlar, Elaborar e distribuir diagramas operativos</b>
Descrição	
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Diagramas dos agentes Integração de nova obra Programa de Intervenção Cronograma de obras Documentos operativos cadastro de Instalações
Saídas	diagramas operativos
Pré-requisitos	somente as entradas
Recursos	editor grafico., ECM, editor de PDF
Controlo	Gestor
Tempo	

Nome da função	<b>Avaliar a operação do sistema</b>
Descrição	Análise e apuração de ocorrências, apuração de indisponibilidades e movimentação de unidades geradoras. Apuração de ultrapassagens do sistema de transmissão.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Sistema de supervisão e controle.
	RDO (Relatório diario da operação).
	Registros de voz.
	MPO
	SGI (Sistema de Gestao de Intervenções)
	Informações Externa (Pareceres da Aneel, dados meterológicos)
	PDP (Programa diário de Produção)
Saídas	Performance da Operação
	Relatório de análise da Operação
	Resultado da Indisponibilidade dos equipamentos dos agentes
	Resultado da apuração das unidades geradoras.
	Apuração de encargos de serviços do sistema eo MUST
Pré-requisitos	Sistema do ONS
	Término das atividades do dia anterior registradas em tempo real
Recursos	Computador
	Acesso a rede computacional
	Telecomunicações.
Controlo	Gestor
	ANEEL
	Auditoria Interna
Tempo	Encerramento das atividades de tempo real.

Nome da função	<b>Apurar a geração do sistema</b>
Descrição	Apurar as movimentações das unidades geradoras e dos encargos e serviços do sistema
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Dados de tempo real
	SGI (Sistema de Gestao de Intervenções)
	PDP (Programa diário de Produção)
	RDO (Relatório diario da operação).
Saídas	taxas de indisponibilidades das unidades geradoras
	Encargos setoriais
Pré-requisitos	Final do dia anterior
	Resoluções normativas da ANEEL
Recursos	
Controlo	
Tempo	

Nome da função	<b>Pré Operar</b>
Descrição	Desenvolver o planeamento das operações e manobras do Sistema Elétrico. Elaborar o PDO (Plano Diário de Operação)
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	PDF (Programa diário de defluencia)
	Previsão de vazão e restrições hidráulicas
	Agentes (clientes)
	Solicitações de desligamentos
	Atender a regulação da ANEEL
	PDP e programação eletroenergética
	Informações sobre Queimadas na linha de transmissão sujeitas a serem afetadas.
	Cronograma de obras
Saídas	Previsão da condições metrológicas
	PDO
Pré-requisitos	Programa de solicitações de desligamento
	Previsão de demanda de carga
	Previsão de despacho de usina (carga)
Recursos	Informações e dados fornecidos pelos agentes
	ferramentas computacionais
	Procedimentos de Redes
	Inequações de avaliação do sistema
Controlo	operação em tempo real.
Tempo	

Nome da função	<b>Solicitar Desligamentos Planejados (Agentes)</b>
Descrição	Programar os desligamentos programados
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Necessidade de desligamentos dos Agentes
Saídas	Solicitações de desligamentos
Pré-requisitos	Avaliar o impacto do desligamento e sua real necessidade
	Risco iminente aos equipamentos é considerado emergencia.
	Boletim diário de operação
Recursos	
Controlo	
Tempo	

<b>Nome da função</b>	<b>Realizar a análise meteorológica</b>
Descrição	Coleta os dados e informações meteorológicas, analisa e elabora previsões para as tomadas de decisão. Objetivo é atender as atividades da carga, vazões, o potencial eólico e solar.
<b>Aspecto</b>	<b>Descrição do Aspecto</b>
Entradas	Previsão de ventos
	Previsão da precipitação
	Previsão da radiação solar
	Previsão da temperatura
Saídas	Previsão das condições meteorológicas
Pré-requisitos	
Recursos	
Controlo	
Tempo	

<b>Nome da função</b>	<b>Estudar a Hidrologia das represas</b>
Descrição	Capacidade de vazão das represas do país. Define o potencial hidroelétrico do país. Processo retroalimentado. Obtém os dados dos agentes.
<b>Aspecto</b>	<b>Descrição do Aspecto</b>
Entradas	Informações das Hidroelétricas
Saídas	Restrições hidráulicas formadas pelos proprietários das usinas.
	Afluentes e defluentes das hidrelétricas
	Vazões incrementais
	Operacionalidade da Usina hidroelétrica
Pré-requisitos	Previsão de chuva
	Chuva observada
Recursos	Sistema de informações temporais repassadas pelas hidroelétricas.
	Informações da ANA
	Postos fluviométricos dos agentes.
	SADI (Sistema de coleta de informações)
	postos pluviométricos dos agentes
	Rede meteorológica nacional
Controlo	Sala de controle operacional
Tempo	

Nome da função	<b>Analisar Queimadas e focos de incendio</b>
Descrição	Informações sobre o índice médio de queimadas e taxas de registros para determinar o período de início e termino do período seco.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Informações das condições climaticas, e da vegetação. Mapa de Índice Vegetativo (NDVI) - NDVI é a abreviação da expressão em inglês para Normalized Difference Vegetation Index, o que equivale em português a Índice de Vegetação da Diferença Normalizada. Serve para analisar a condição da vegetação natural ou agrícola nas imagens geradas por sensores remotos. Imagens de satélite (últimas 24 horas) para melhor visualização do foco de calor na região. Imagens estáticas via satélite. Índice de propagação (úmidade do material combustível, NDVI, etc.) Informações temporais e sobre queimadas coletadas pela operação em tempo real
Saídas	Informações sobre Queimadas na linha de transmissão sujeitas a serem afetadas.
Pré-requisitos	Informações do SIMEPAR calibração e validação das medições de focos do calor Foco de calor da região via satélite nas últimas 24 horas.
Recursos	Softwares de análise meterológica.
Controlo	Condição da vegetação período de umidade
Tempo	

Nome da função	<b>Analisar as informações temporais</b>
Descrição	Informções temporais
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Dados Meteorologicos Modelos numéricos de previsao do tempo Imagens de satélite
Saídas	Previsão de ventos Previsao da precipitação Previsão da radiação solar Previsao da temperatura
Pré-requisitos	
Recursos	Recursos computacionais
Controlo	
Tempo	

Nome da função	<b>Solicitar desligamentos Não Planejados</b>
Descrição	Solicitar desligamentos não planejados
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Necessidade urgente de execução
Saídas	Desligamento compoe uma atividade do PDO de carater urgente
Pré-requisitos	quantificado pelo agente
Recursos	
Controlo	
Tempo	

Nome da função	<b>Observar alerta de tempo severo</b>
Descrição	Situações de risco. Monitora linhas essenciais para o sistema elétrico de potencia brasileiro. Evitar um dano maior á rede.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Dados de Descargas atmosféricas
	Imagens de satélite
	Modelos numéricos de previsao do tempo
	Dados observados de vento.
	Informações coletadas pela operação em tempo real
	Informações temporais e sobre queimadas coletadas pela operação em tempo real
Saídas	Alerta e aviso de tempo severo
Pré-requisitos	
Recursos	Recursos computacionais
Controlo	
Tempo	

Nome da função	<b>Avaliar os serviços de pós operação</b>
Descrição	Análise de pós operação. Avaliação das Informações da pré operação e registros no tempo real.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	taxas de indisponibilidades das unidades geradoras
	Resultado da apuração das unidades geradoras.
	relatórios de analise de ocorrencias
Saídas	TEIP - Taxa Equivalente de Indisponibilidade programada.
	TEIFA - Taxa Equivalente de Indisponibilidade forçada.
Pré-requisitos	
Recursos	
Controlo	
Tempo	

Nome da função	<b>Analisar a operação de forma direcionada</b>
Descrição	Avaliar siituações de impacto nas atividades de operação.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	Violação de regras e procedimentos
	RDO (Relatório diario da operação).
	Registro de pertubação
Saídas	relatórios de analise de ocorrencias
Pré-requisitos	
Recursos	MPO
	Contato com os agentes
Controlo	
Tempo	

Nome da função	<b>Solicitar execução de obras</b>
Descrição	Necessidade de realização de obras pelos agentes.
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	
Saídas	Informações enviadas pelos agentes
Pré-requisitos	
Recursos	
Controlo	
Tempo	

Nome da função	<b>Definir os critérios de violação</b>
Descrição	Definir os critérios de padronização e violação das legislações
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	
Saídas	Violação de regras e procedimentos
Pré-requisitos	
Recursos	
Controlo	
Tempo	

Nome da função	<b>Coletar informações dos Agentes e parceiros colaboradores</b>
Descrição	Coletar informações dos agentes e parceiros colaboradores
Aspecto	Descrição do Aspecto
Entradas	
Saídas	<p>Informações das Hidroelétricas</p> <p>Informações das condições climáticas, e da vegetação.</p> <p>Mapa de Índice Vegetativo (NDVI) - NDVI é a abreviação da expressão em inglês para Normalized Difference Vegetation Index, o que equivale em português a Índice de Vegetação da Diferença Normalizada. Serve para analisar a condição da vegetação natural ou agrícola nas imagens geradas por sensores remotos.</p> <p>Imagens de satélite (últimas 24 horas) para melhor visualização do foco de calor na região.</p> <p>Imagens estáticas via satélite.</p> <p>Índice de propagação (úmidade do material combustível, NDVI, etc.)</p> <p>Dados Meteorológicos</p> <p>Modelos numéricos de previsão do tempo</p> <p>Imagens de satélite</p> <p>Necessidade de desligamentos dos Agentes</p> <p>Necessidade urgente de execução</p>
Pré-requisitos	
Recursos	
Controlo	
Tempo	

**APENDICE E - ROTEIRO DE ENTREVISTAS COM FUNCIONÁRIOS**

Nome:

Idade:

Formação Geral:

Formação Específica:

Função:

Treinamento:

Fale do seu trabalho:

Existem procedimentos a serem seguidos? São seguidos?

São realizadas adaptações no seu planejamento diário de trabalho? Cite exemplos?

Quais as principais dificuldades?

O que considera que facilita ou dificulta seu trabalho?

O que seria um cenário de crise?

Como vc lidaria nessa situação?

Existe treinamento para lidar com essa situação?

Obs: Essa foi apenas a base de perguntas realizadas, algumas pelo perfil do entrevistado não foram feitas, por outro lado, outras perguntas foram surgindo a medida que o entrevistado ia se familiarizando e, dessa forma, ganhando segurança e confiança no objetivo do entrevistador.