

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ENGENHARIA ELÉTRICA / CONTROLE E AUTOMAÇÃO

JEAN MARCEL BRICATTE DE OLIVEIRA
MARCOS VINÍCIUS CARDOSO DE OLIVEIRA
SUELEN CAVALCANTE DOS SANTOS

**MODELO DE TOMADA DE DECISÃO APLICADO À MELHORIA DA
PERFORMANCE HUMANA EM OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO
(O&M) EM EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2018

JEAN MARCEL BRICATTE DE OLIVEIRA
MARCOS VINÍCIUS CARDOSO DE OLIVEIRA
SUELEN CAVALCANTE DOS SANTOS

**MODELO DE TOMADA DE DECISÃO APLICADO À MELHORIA DA
PERFORMANCE HUMANA EM OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO
(O&M) EM EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Elétrica / Controle e Automação da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures

CURITIBA
2018

**JEAN MARCEL BRICATTE DE OLIVEIRA
MARCOS VINÍCIUS CARDOSO DE OLIVEIRA
SUELEN CAVALCANTE DOS SANTOS**

MODELO DE TOMADA DE DECISÃO APLICADO À MELHORIA DA PERFORMANCE HUMANA EM OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (O&M) EM EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro de Controle e Automação / Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia de Controle e Automação / Engenharia Elétrica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 19 de junho de 2018.

Prof. Paulo Sérgio Walenia, Eng.
Coordenador de Curso
Engenharia de Controle e Automação

Profa. Annemarle Gehrke Castagna, Mestre
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Elétrica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Prof. Dr. Marcelo Rodrigues
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Co-Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Eduardo de Freitas Rocha Loures (1)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Emerson Rigoni (2)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Roberto Cândido (3)
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Controle e Automação

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradecemos a Deus, por ter-nos dado sabedoria, inspirado perseverança e renovado as energias durante todo este tempo.

Agradecemos à Universidade Tecnológica Federal do Paraná por ter-nos dado subsídios técnicos e estruturais para a realização deste trabalho.

Agradecemos ao Professor Doutor Marcelo Rodrigues pelos dados fornecidos e pela orientação, fundamentais para o sucesso deste projeto e também ao Professor Doutor Eduardo de Freitas Rocha Loures por todas as explicações sobre as ferramentas de auxílio à tomada de decisão, a alma deste projeto.

Finalmente, agradecemos aos nossos familiares, que nos suportaram com todo o carinho e apoio incondicional, e também aos nossos queridos amigos, que não nos deixaram parar de sorrir, mesmo em meio a tantas lutas.

RESUMO

OLIVEIRA, Jean; OLIVEIRA, Marcos; SANTOS, Suelen. MODELO DE TOMADA DE DECISÃO APLICADO À MELHORIA DA PERFORMANCE HUMANA EM OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO (O&M) EM EMPRESAS DO SETOR ELÉTRICO. 2018. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Engenharia Elétrica / Controle e Automação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. CURITIBA, 2018.

Pesquisa acadêmica para definir um modelo de tomada de decisão, classificando, de acordo com a bibliografia, os tipos de falhas humanas presentes em empresas do setor elétrico, visando determinar quais as melhores técnicas para melhoria da performance humana no ramo de operação e manutenção, por meio da utilização de um método multicritério de tomada de decisão, ANP (*Analytic Network Process* - Análise de Processo em Rede) no *software SuperDecisions*. O método escolhido é a generalização da AHP (Análise Hierárquica de Processo), uma metodologia de análise hierárquica de informações que considera diferentes pesos, definidos pela escala Saaty, para cada um de seus nós, por meio de comparações par a par entre cada um de seus critérios, subcritérios e alternativas. Visa-se através disso definir a melhor linha de defesa para alcançar o objetivo: a melhoria da performance humana. Implementado o método com seus pesos preenchidos, possibilitou-se determinar que a linha de defesa a ser aplicada, a fim de aumentar a performance humana, é treinamento, seguida de supervisão. Outro recurso fundamental do *software* apresentado neste trabalho é a ferramenta de análises dinâmicas do sistema, que altera os pesos dos nós de maneira ágil, pela análise de sensibilidade dos nós. As ferramentas escolhidas tornam este trabalho uma ferramenta aplicável para a melhoria contínua da performance humana.

Palavras-chave: Confiabilidade. Método de Tomada de Decisão. Multicritério. Performance Humana. *SuperDecisions*.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Jean; OLIVEIRA, Marcos; SANTOS, Suelen. DECISION-MAKING MODEL APPLIED TO IMPROVING HUMAN PERFORMANCE IN OPERATION AND MAINTENANCE (O&M) IN ELECTRICITY COMPANIES. 2018. 74 p. Engenharia Elétrica / Controle e Automação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. CURITIBA, 2018.

Academic research to define a decision-making model, classifying, according to the bibliography, the types of human faults present in companies of the electric sector, in order to determine the best techniques for improving human performance in operation and maintenance, for through the use of a multicriteria decision-making method, ANP (Analytic Network Process) in the software SuperDecisions. The method chosen is the generalization of AHP (Hierarchical Process Analysis), a methodology of hierarchical analysis of information that considers different weights, defined by the Saaty scale, for each one of its nodes, by way of pairwise comparisons between each of their criteria, subcriteria and alternatives. It is intended by this to define the best line of defense to achieve the goal: the improvement of human performance. After the method was implemented with its weights filled, it was possible to determine that the line of defense to be applied, in order to increase human performance is training, followed by supervision. Another fundamental feature of the software presented in this work is the dynamic analysis tool of the system, which changes the weights of the nodes in an agile way, by the analysis of the nodes sensitivity. The tool chosen to make this analysis an applicable tool for the continuous improvement of human performance.

Keywords: Reliability. Decision-making method. Multi-criteria. Human Performance. Superdecisions.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Matriz de Capacidade Instalada de Geração de Energia Elétrica . . .	13
Figura 2 – Metodologia do trabalho	17
Figura 3 – Representação da curva da banheira	20
Figura 4 – Classificação básica das falhas humanas	20
Figura 5 – Algoritmo para classificação de tipos de erros humanos	24
Figura 6 – Componentes e fatores do sistema Homem - Máquina	26
Figura 7 – Metodologia STAR	28
Figura 8 – Exemplos de gestão visual	29
Figura 9 – Etapas da aprendizagem	33
Figura 10 – Etapas de Tomada de Decisão	35
Figura 11 – Método AHP	36
Figura 12 – Escala Saaty	38
Figura 13 – AHP - Nós e <i>clusters</i>	38
Figura 14 – Nível Critérios	42
Figura 15 – Nível Subcritérios	43
Figura 16 – Nível Alternatives	44
Figura 17 – Rede ANP aplicada	49
Figura 18 – Normalização dos pesos - Nível 1: Objetivo	53
Figura 19 – Normalização dos pesos - Nível 2 - Critério: Deslize	53
Figura 20 – Normalização dos pesos - Nível 2 - Critério: Engano	54
Figura 21 – Normalização dos pesos - Nível 2 - Critério: Transgressão Não-Intencional	54
Figura 22 – Normalização dos pesos - Nível 2 - Critério: Transgressão Intencional	54
Figura 23 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Cansaço	55
Figura 24 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Estresse	55
Figura 25 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Análise Inadequada	56
Figura 26 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Sinalização	56
Figura 27 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Planejamento	56
Figura 28 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Pouca Experiência .	57
Figura 29 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Excesso de confiança	57
Figura 30 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Não seguir o procedimento	58
Figura 31 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Pressa	58
Figura 32 – Proposta de solução geral	59
Figura 33 – Sensibilidade máxima do nó Análise Inadequada	61
Figura 34 – Sensibilidade mínima do nó Análise Inadequada	62

Figura 35 – Sensibilidade máxima do nó Excesso de confiança	62
Figura 36 – Sensibilidade máxima do nó Sinalização	63
Figura 37 – Sensibilidade máxima do nó Cansaço	64
Figura 38 – Sensibilidade máxima do nó Estresse	64
Figura 39 – Sensibilidade máxima do nó Não seguir o procedimento	65
Figura 40 – Sensibilidade máxima do nó Pressa	66
Figura 41 – Sensibilidade máxima do nó Planejamento	66
Figura 42 – Sensibilidade máxima do nó Pouca Experiência	67

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Metodologia do trabalho	16
Quadro 2 – Matriz 1 - Comparação Par a Par	45
Quadro 3 – Matriz 2 - Matriz Normalizada	46
Quadro 4 – Matriz 3 - Autovetor Associado	47
Quadro 5 – Valores de IA para Matrizes Quadradas de ordem n	48
Quadro 6 – Falhas humanas de Empresas do Setor Elétrico.	50
Quadro 7 – Relação de falhas com múltiplas causas	52

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt-hora
MDMM	<i>Multi-criteria Decision Making Method</i>
MW	Megawatt
ONS	Operador Nacional do Sistema
O&M	Operação e Manutenção
POP	Procedimento Operacional Padrão
SIP	Sistema, Item ou Processo

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	TEMA	15
1.1.1	Delimitação do tema	15
1.2	PROBLEMAS E PREMISSAS	15
1.3	OBJETIVOS	15
1.3.1	Objetivo Geral	15
1.3.2	Objetivos Específicos	15
1.4	JUSTIFICATIVA	16
1.5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	16
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO	18
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1	CONFIABILIDADE HUMANA	19
2.2	CLASSIFICAÇÃO DE FALHAS HUMANAS	21
2.2.1	Erros	21
2.2.1.1	Deslizes e lapsos	21
2.2.1.2	Equívocos	22
2.2.2	Transgressões	22
2.2.2.1	Transgressões intencionais	22
2.2.2.2	Transgressões não-intencionais	23
2.3	METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO DO ERRO HUMANO	23
2.3.1	Confiabilidade na relação Homem - Máquina	25
2.4	AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE HUMANA	26
2.5	TÉCNICAS DE PREVENÇÃO DE ERRO HUMANO	27
2.5.1	Quatro perguntas chaves	27
2.5.2	Metodologia STAR - Auto-checagem	28
2.5.3	Gestão visual	28
2.5.4	Metodologia OOPs	29
2.5.5	<i>Poka-yoke</i>	30
2.5.5.1	Método de contato	30
2.5.5.2	Método do valor fixo	30
2.5.5.3	Método passo-a-passo	31
2.5.6	Supervisão	31
2.5.7	Treinamento	32
2.5.8	Revisão de Procedimento	33
2.5.9	Teste operacional	34

2.6	MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO	35
2.6.1	Método AHP	36
2.6.2	Método ANP	39
2.6.2.1	Limite de Inconsistência	39
2.7	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	39
3	METODOLOGIA	40
3.1	DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE TOMADA DE DECISÃO	40
3.2	DEFINIÇÃO DOS NÍVEIS DA REDE ANP	41
3.2.1	Definição do nível Objetivo	41
3.2.2	Definições do nível Critérios	41
3.2.3	Definições do nível Subcritérios	42
3.2.4	Definições do nível Alternativas	44
3.3	CONSTRUÇÃO DE MATRIZES COMPARATIVAS	45
3.3.1	Comparação Par a Par	45
3.3.2	Normalização	46
3.3.3	Consistência	47
3.4	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	48
4	APLICAÇÃO DO MÉTODO	49
4.1	DEFINIÇÃO DOS PESOS	50
4.1.1	Definição de pesos no nível Critérios	50
4.1.2	Definição dos pesos no nível Subcritérios	51
4.1.3	Definição dos pesos no nível Alternativas	52
4.2	DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS	53
4.3	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	58
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	59
5.1	ANÁLISE DO RESULTADO GERAL	59
5.2	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS NÓS	60
5.2.1	Sensibilidade máxima do nó Análise Inadequada	60
5.2.2	Sensibilidade mínima do nó Análise Inadequada	61
5.2.3	Sensibilidade máxima do nó Excesso de confiança	62
5.2.4	Sensibilidade máxima do nó Sinalização	63
5.2.5	Sensibilidade máxima do nó Cansaço	63
5.2.6	Sensibilidade máxima do nó Estresse	64
5.3	Sensibilidade máxima do nó Não Seguir Procedimento	65
5.3.1	Sensibilidade máxima do nó Pressa	65
5.3.2	Sensibilidade máxima do nó Planejamento	66
5.3.3	Sensibilidade máxima do nó Pouca Experiência	66

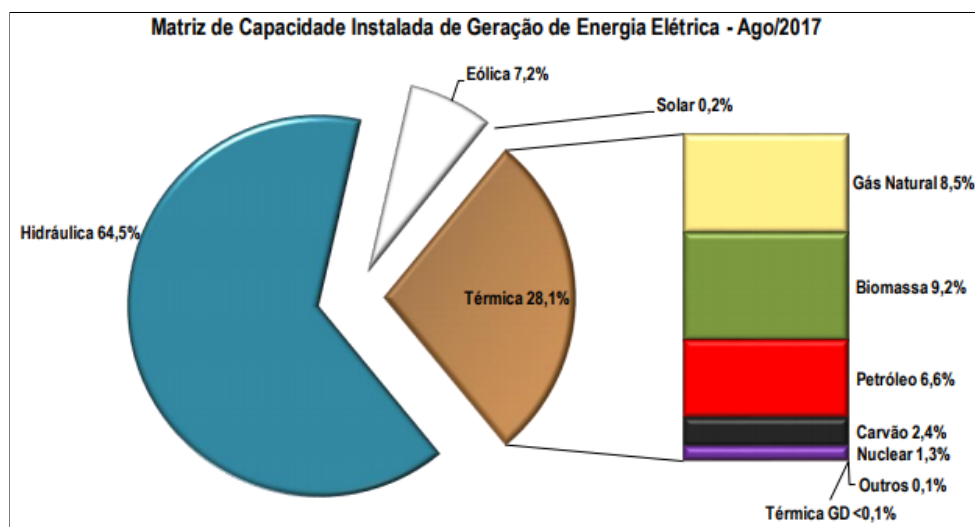
5.4	CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	67
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	68
6.1	TRABALHOS FUTUROS	69
	REFERÊNCIAS	70
	ANEXO A – BANCO DE DADOS DE FALHAS HUMANAS	73

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia elétrica no Brasil tem aumentado consideravelmente, ano após ano. De acordo com o órgão responsável pelo planejamento energético do país, a EPE – Empresa de Pesquisa Energética –, ligada ao Ministério de Minas e Energias, em 2006 o consumo foi de 357.757 GWh e, 10 anos depois, houve um aumento de 28,68% na demanda de energia. Segundo Nielmar de Oliveira, repórter da Agência Brasil, apenas no primeiro semestre de 2017 o consumo de energia totalizou 233.221 GWh, representando um avanço de 0,4% em relação ao mesmo período do ano anterior.

O Brasil possui 8.515.759,090 km^2 de extensão territorial, em conformidade com o DOU (Diário Oficial da União) nº 124, publicado em 30/06/2017, o que justifica a variedade em produção de energia elétrica, em conformidade com a publicação de agosto de 2017 do Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico, conforme a Figura 1.

Figura 1 – Matriz de Capacidade Instalada de Geração de Energia Elétrica



Fonte: BRASIL (2017)

Ao passo que há o aumento de demanda por energia elétrica, intensifica-se a normatização e fiscalização desde a geração até a distribuição de energia elétrica por órgãos reguladores, como a ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica – e o ONS – Operador Nacional do Sistema, cujo objetivo é o aumento da confiabilidade no fornecimento de energia, desafio inerente aos profissionais do setor elétrico.

O correto monitoramento sistemático do desempenho das equipes de operação e manutenção em empresas do setor elétrico tem grande importância para evitar falhas e erros, o que impacta na qualidade e disponibilidade do fornecimento de energia.

Como o potencial hídrico do Brasil é grande, dada sua larga extensão, justifica-se que a maior fatia de geração de energia elétrica provenha de centrais ou usinas geradoras de energia. As usinas sob fiscalização da Aneel possuem alguns indicadores de qualidade (ANEEL, 2017); dentre os principais, estão:

- Continuidade de fornecimento;
- Produção dentro dos limites de frequência e tensão;
- Geração baseada na demanda somada às perdas do sistema de transmissão e distribuição, a fim de evitar interrupção no fornecimento.

Para que a manutenibilidade esteja constantemente em patamares aceitáveis pela Aneel, é importante haver o mapeamento constante dos equipamentos e das equipes de O&M (Operação e Manutenção), com o intuito de evitar as falhas dos equipamentos ou operadores.

Uma falha humana pode ser decisiva para a ocorrência de uma catástrofe, como nos desastres da Usina Nuclear de Chernobyl (1986) e de Bophal (1984), com perda de vidas e ativos, além do dano à natureza. Ainda hoje os locais dos acidentes têm níveis altos de radiação e gases tóxicos, respectivamente. (PEGORIN; NOGUEIRA, 2007)

Assim sendo, é fundamental tratar adequadamente essas falhas, para manter a confiabilidade no fornecimento de energia elétrica dentro dos parâmetros estabelecidos pelos órgãos reguladores, garantindo a segurança dos operadores, da comunidade e da empresa. Para tanto, deve-se identificar as causas dessas falhas operacionais e de manutenção para traçar planos de ação sistemáticos, de modo a evitar novas falhas e sanar as já ocorridas, garantindo mais qualidade nos processos de O&M de geração de energia. (SANTOS, 2013)

Porém, para otimizar a performance humana, consideram-se diversos critérios, como explica Pallerosi (2007): “[...] ao contrário dos equipamentos que se degradam ao longo do tempo, espera-se que a aptidão, o treinamento, a experiência e a idoneidade das pessoas reduzam as falhas [...]”. Da mesma maneira, existem várias técnicas desenvolvidas para melhorar essa confiabilidade, focando nas características humanas, como as técnicas elaboradas pela EPRI (*Electric Power Research Institute*), que podem ser aplicadas tanto por supervisores quanto por operadores e manutentores.

Tendo em vista a complexidade envolvida em aprimorar o desempenho humano, é necessário haver a priorização das técnicas a serem aplicadas de acordo com o perfil de falhas de cada empresa, o que pode ser tratado como um problema de tomada de decisão multicritérios, ou MCDM (*Multi Criteria Decision Making*). Metodologias como AHP (*Analytical Hierarchy Process*) ou ANP (*Analytic Network Process*) podem organizar, com base num histórico de falhas, todos os critérios inerentes aos operadores e manutentores, como também de seus supervisores, que precisam ser levados em conta na priorização de técnicas para mitigar falhas humanas.

1.1 TEMA

Este trabalho propõe apresentar um modelo de tomada de decisão aplicado ao desenvolvimento da performance humana na Operação e na Manutenção (O&M) de usinas geradoras de energia.

1.1.1 Delimitação do tema

Pretende-se classificar e analisar as falhas humanas na operação e manutenção de usinas geradoras de energia com base em dados e relatórios deste setor energético. A partir dos métodos de tomada de decisão, será criado um modelo para desenvolver a performance humana que permite interferir em procedimentos, aprimorando os índices de desempenho na mão de obra.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

Necessita-se determinar como agir de maneira mais assertiva para minimizar a ocorrência de falhas humanas em O&M de usinas geradoras de energia. Para este fim será definida a aplicação de um método de auxílio à tomada de decisão com base no registro de falhas humanas em usinas provenientes de dados concedidos por Rodrigues (2018) para fins acadêmicos, disponível no Anexo A, classificando as falhas e interpretando-as de acordo com as bibliografias disponíveis.

Então, será definida qual ferramenta de tomada de decisão é mais apropriada para definir alternativas práticas de melhoria da performance humana, qualitativa e quantitativamente.

1.3 OBJETIVOS

A seguir são apresentados o objetivo geral e os objetivos específicos.

1.3.1 Objetivo Geral

Desenvolver um modelo de tomada de decisão aplicado ao desenvolvimento da performance humana nos setores de operação e manutenção de usinas geradoras de energia.

1.3.2 Objetivos Específicos

Baseando-se no objetivo geral, são descritos os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar uma revisão teórica sobre confiabilidade humana em sistemas de operação e manutenção;

- Evidenciar as características das principais falhas humanas em empresas do setor elétrico;
- Apresentar uma revisão teórica sobre os métodos de tomada de decisão hierárquica (AHP - Analytical Hierarchy Process) e em rede (ANP - Analytic Network Process);
- Sugerir ferramentas para acrescer a performance humana, conforme encontrado nas bibliografias existentes;
- Propor um modelo para tomada de decisão das ferramentas sugeridas que aprimorem a performance humana de empresas do setor elétrico.

1.4 JUSTIFICATIVA

A definição de um modelo de tomada de decisão para melhoria da performance humana se faz necessária porque, apesar de existirem diversas alternativas disponíveis no mercado que visam cumprir este propósito, as particularidades de cada aplicação fazem com que uma mesma ação corretiva seja bem sucedida em uma empresa e totalmente falha na outra, pois a causa raiz pode não ser atacada.

É importante ressaltar que não é possível evitar completamente a ocorrência de falhas humanas, mas é necessário o desenvolvimento de estratégias para mitigar a frequência ou severidade de ocorrências. (SILVA, 2006)

A análise de uma aplicação através de procedimentos de tomada de decisão torna possível a definição assertiva por meio de métodos de ponderamento entre determinadas classes de falha, resultando, assim, num plano de ação que trará mais resultados para mitigar as falhas humanas no contexto em que está sendo aplicada.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Afim de resumir a maneira como este trabalho se enquadra nos padrões de metodologia de pesquisa, o Quadro 1 foi elaborado.

Quadro 1 – Metodologia do trabalho

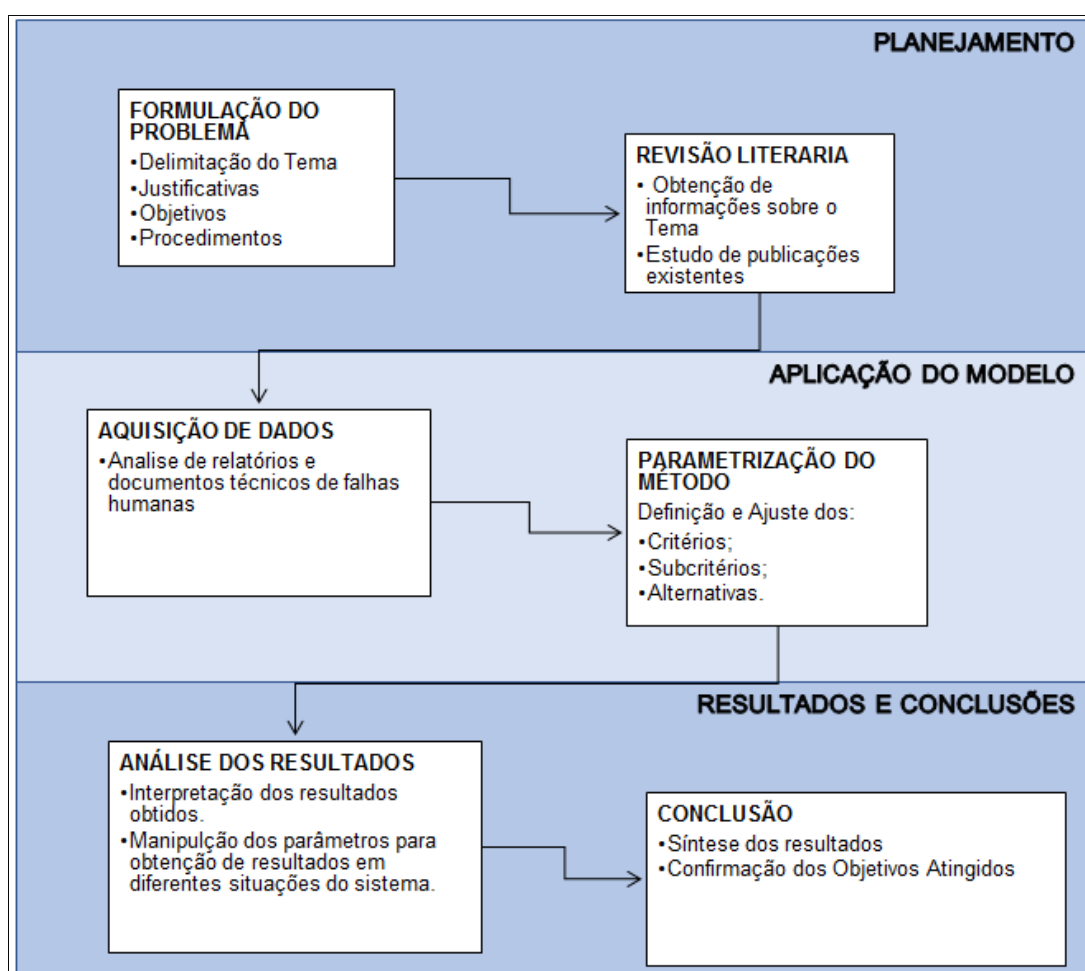
NATUREZA	BÁSICA	APLICADA			
FORMA DE ABORDAGEM	QUALITATIVA	QUANTITATIVA			
OBJETIVO	EXPLORATÓRIA	DESCRITIVA	EXPLICATIVA		
PROCEDIMENTO TÉCNICO	PESQUISA DOCUMENTAL	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	PESQUISA SISTEMÁTICA	PESQUISA DE CAMPO	ESTUDO DE CASO
TÉCNICA DE COLETA DE DADOS	ENTREVISTAS	COLETA DE DOCUMENTOS DA EMPRESA	OBSERVAÇÃO	MONITORAMENTO	LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Fonte: Os autores

Esta pesquisa é de natureza aplicada, pois gera uma solução para um problema específico. A abordagem do problema se dá de forma qualitativa e quantitativa, por mesclar o conhecimento e experiências dos pesquisadores e orientadores com dados quantificáveis de documentos e relatórios. Já, do ponto de vista dos objetivos, é descritiva: descrevem-se as características de um cenário relacionando-o entre variáveis. Os procedimentos técnicos foram feitos por meio de pesquisa bibliográfica e documental, usando materiais já publicados, como livros, monografias e artigos, como também de documentos que não receberam tratamento analítico, como relatórios de falhas, o que também define a técnica de coleta de dados como sendo por levantamento bibliográfico e documentos da empresa. (SILVA; MENEZES, 2005)

Os procedimentos metodológicos adotados no trabalho estão sintetizados no fluxograma da Figura 2, resumidos em três fases: Planejamento, Aplicação do Modelo e Resultados e Conclusões.

Figura 2 – Metodologia do trabalho



Fonte: Os autores

Planejamento – Primeiramente é definido o escopo do presente trabalho, posteriormente sendo realizados estudos e pesquisas sobre modelos de tomada de

decisão e aumento da performance humana para embasar a análise de falhas a partir das bibliografias e dados existentes.

Aplicação do Modelo - Em seguida, são analisadas as falhas previamente classificadas na base de dados de falhas humanas em usinas geradoras de energia (RODRIGUES, 2018), reespecificando-as adequadamente, quando necessário. Concluídas as etapas, passa-se ao desenvolvimento do modelo de análise baseado nos dados preliminares de falhas, e podendo-se estender o modelo a demais usinas, com devidas adaptações.

Resultados e Considerações finais - Finalmente, são apresentadas quais as técnicas mais adequadas para esta aplicação, fazendo uma síntese dos resultados e a confirmação dos objetivos atingidos.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho é composto por seis capítulos, conforme listado a seguir:

- **Capítulo 1 - Introdução:** Contém a introdução, contextualizando o trabalho; a delimitação do tema proposto, apresentando seu escopo; os objetivos, demonstrando a finalidade almejada como esse trabalho; a maneira em que está estruturado; como também a metodologia aplicada para o seu desenvolvimento.
- **Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica:** É composto pelo referencial teórico utilizado como base, abrangendo uma revisão sobre confiabilidade humana, desde a classificação de falhas até técnicas que podem ser utilizadas para sua prevenção. Também é apresentado métodos de tomada de decisão para aplicação na priorização de técnicas de prevenção de erros humanos.
- **Capítulo 3 - Metodologia:** Trata-se da metodologia aplicada no trabalho, demonstrando como os métodos de tomada de decisão podem ser utilizados na priorização das técnicas, sendo explicado como foi feito a definição dos critérios e alternativas, como também seu grau de importância no sistema analisado.
- **Capítulo 4 - Aplicações do Método:** Este capítulo trata exclusivamente da definição dos pesos utilizados na implementação do método de tomada de decisão objetivando o aumento da performance humana.
- **Capítulo 5 - Resultados:** Consiste na análise e discussão dos resultados obtidos, demonstrando um parecer sobre o resultado principal, como também extrapolações para obtenção de resultados em diferentes cenários.
- **Capítulo 6 - Conclusão:** Consiste na conclusão do trabalho, mostrando qual foi o entendimento proporcionado desse estudo, como também de sugestões para trabalhos futuros, como a aplicação de métodos e softwares que podem auxiliar num aprofundamento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o intuito de contextualizar teoricamente a proposta do trabalho, este capítulo apresenta o conteúdo referente a um modelo de aplicação de métodos de tomada de decisão e ferramentas para aumento da performance humana. Primeiramente é abordada a temática da confiabilidade e seu enquadramento atual em operação e manutenção, exibindo métodos e ferramentas utilizados para o seu aprimoramento. Logo após, é contextualizado o conceito de tomada de decisão para, então, abranger um ramo mais específico: um método para tomada de decisões que auxilia no desenvolvimento da performance humana em operação e manutenção de empresas do setor elétrico.

2.1 CONFIABILIDADE HUMANA

De acordo com Pallerosi (2008), define-se confiabilidade humana como a probabilidade de que uma pessoa não falhe no cumprimento de uma tarefa requerida, quando exigida:

- Em um determinado período de tempo;
- Em condições ambientais apropriadas;
- Com recursos disponíveis para executá-la.

Segundo Filgueiras (1998), a avaliação da confiabilidade humana tem dois objetivos principais:

- Reduzir a taxa de falhas humanas, devido à correta identificação e avaliação dos impactos dessas falhas no sistema completo;
- Possibilitar a quantificação da probabilidade de ocorrência das falhas humanas (e de sucesso), o que permite a avaliação numérica do impacto humano na confiabilidade do sistema analisado.

Pode ser representada pela fórmula a seguir:

$$R_h = 1 - F_h \quad (1)$$

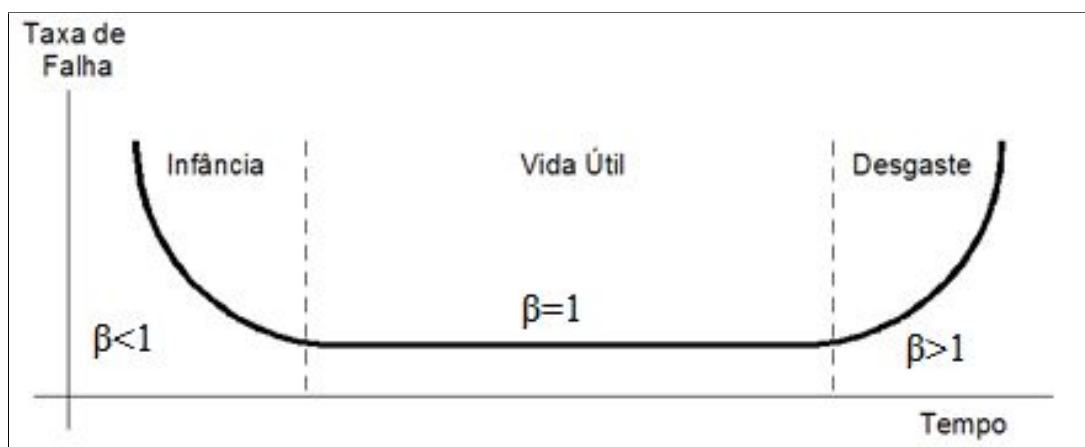
Onde R_h é Confiabilidade Humana e F_h é a Probabilidade Acumulada de Falha Humana. (PALLEROSI, 2008)

De acordo com Pallerosi (2008, p. 2), esse estudo "é uma consequência lógica do estudo da confiabilidade dos equipamentos, reconhecendo-se que o homem falha, e que essas falhas podem ser classificadas, quantificadas e matematicamente analisadas por meio de uma adequada distribuição estatística".

Ao analisar a taxa de falhas de um equipamento, disponível na Figura 3, observa-se que os equipamentos têm a tendência de aumentar a taxa de falha no

fim da vida devido ao desgaste dos componentes. Isso não é esperado para seres humanos, pois presume-se que a experiência, o treinamento e a idoneidade (correção) das pessoas reduzam as falhas ao longo do tempo. (PALLEROSI, 2008)

Figura 3 – Representação da curva da banheira

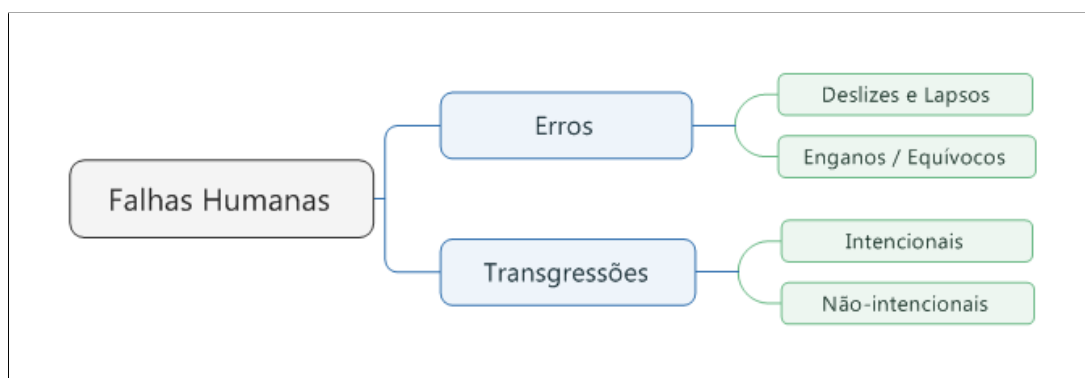


Fonte: Neves (2017)

Considerando isso, é possível afirmar que as falhas humanas podem ser quantificadas. Existem fatores limitantes para o desempenho correto da atividade humana, como situações pessoais e ambientais. Esses fatores não podem ser ignorados na análise. (PALLEROSI, 2008)

No esquemático da Figura 4 é possível observar a classificação básica dos tipos de falha humana. Outros tipos de classificação podem ser admitidos, de acordo com o objetivo da análise.

Figura 4 – Classificação básica das falhas humanas



Fonte: Adaptado de Pallerosi (2008)

No que tange a classificação básica dos tipos de falha humana, existem duas raízes principais: erros e transgressões.

Erros humanos são caracterizados por serem ações ou decisões não intencionais, podendo ser classificados em erros por habilidade (*skill-based*), que podem

ser deslizes ou lapsos; erros baseados em regras (*rule-based*) ou em conhecimento (*knowledge-based*), chamados de equívocos ou enganos.(NEVES, 2017)

Transgressões são falhas comportamentais, classificadas em intencionais e não intencionais, podendo ser rotineiras, situacionais ou excepcionais.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DE FALHAS HUMANAS

Falhas humanas podem ser divididas entre erros e transgressões. Nas próximas seções estão descritos as características de cada um dos tipos, bem como suas subdivisões.

2.2.1 Erros

A seguir estão descritos os tipos de erros humanos (não intencionais):

2.2.1.1 Deslizes e lapsos

Deslizes são erros cometidos quando não se consegue ter sucesso na tarefa a ser realizada. Por exemplo: operador aplicar um torque acima do necessário em um parafuso.

Lapsos são erros cometidos quando se esquece de realizar alguma atividade, como tirar a máscara de segurança para comunicar-se com um colega e depois esquecer de colocá-la no lugar.

Deslizes e erros são considerados erros humanos baseados em habilidade (*skill-based*). Esses erros ocorrem quando:

- A tarefa é muito familiar e necessita de pouca atenção para ser realizada;
- Pessoa confunde duas tarefas similares;
- As tarefas são muito complicadas ou muito longas;
- A tarefa principal já foi realizada mas faltam alguns detalhes menores a serem executados;
- Excesso de cansaço ou estresse do operador;
- Os passos do processo não seguem uma ordem natural / intuitiva, e;
- Ocorrem distrações ou interrupções durante a execução da tarefa.

Somente adicionar treinamentos não eliminará os deslizes e lapsos do processo. Para fazê-lo, é necessário um controle de processo efetivo, como o uso de *checklists* para confirmar que todas as ações necessárias foram realizadas, e mudanças de *layout* que tornem o processo mais lógico e reduzir distrações e interrupções, como restrição de uso de aparelhos celulares.(HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2012)

2.2.1.2 Equívocos

Equívocos (ou enganos) são ações que aconteceram dentro do planejado; porém, o plano estabelecido não era o correto. Isso pode ocorrer porque se baseia em uma regra ou conhecimento equivocados, como, por exemplo, interpretar equivocadamente o sinal de uma máquina e não desligá-la quando deveria tê-lo feito.

Os equívocos acontecem principalmente devido à realização de muitas tarefas ou tarefas muito complexas ao mesmo tempo, e pela pressão para cumprir horários.

Para mitigar a frequência dos equívocos, algumas ações devem ser tomadas, como: treinamentos de atividades não rotineiras de alto risco para evitar erros causados por interpretação errada das regras; supervisão para funcionários novos; diagramas e fluxogramas para explicar procedimentos mais complexos. (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2012)

2.2.2 Transgressões

2.2.2.1 Transgressões intencionais

Transgressões intencionais são falhas por infração de regras, geralmente relacionadas a normas de segurança ou procedimentos em que o operador não reconhece a utilidade/importância daquela ação. Exemplos de situações em que há violação intencional de regras são:

- O operador retirar os óculos de segurança para "melhorar a visibilidade";
- Não utilizar o cinto de segurança em baixas velocidades ou trechos curtos por considerar desnecessário;
- Não fazer a verificação de todos os itens do *checklist* por acreditar que está "economizando tempo, já que os itens estão sempre OK".

Para refrear a incidência de transgressões, algumas ações podem ser tomadas:

- Aumentar a inspeção e monitoramento durante a operação;
- Garantir que as regras sejam consideradas relevantes e válidas por meio de treinamentos e revisões de processos antigos;
- Envolver a equipe de trabalho na criação ou modificações das normas de trabalho e segurança;
- Treinamentos para situações de emergência;
- Melhorar as condições de trabalho (temperatura do ambiente, poeira, ergonomia);
- Garantir equipamentos de proteção individuais e coletivos que sejam práticos de utilizar e adequados para a atividade que será executada. (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2012)

2.2.2.2 Transgressões não-intencionais

Transgressões não intencionais acontecem quando o operador desconhece as regras para a execução daquela determinada tarefa ou o comportamento esperado para uma determinada situação, por motivos sociais e/ou culturais, como, por exemplo, jogar lixo no chão porque no antigo ambiente de trabalho a pessoa costumava fazer isso e julga normal.(PALLEROSI, 2008)

Uma das maneiras de evitar esses tipos de transgressão é pela integração de novos funcionários, explicando o padrão de conduta e os cuidados daquela empresa.

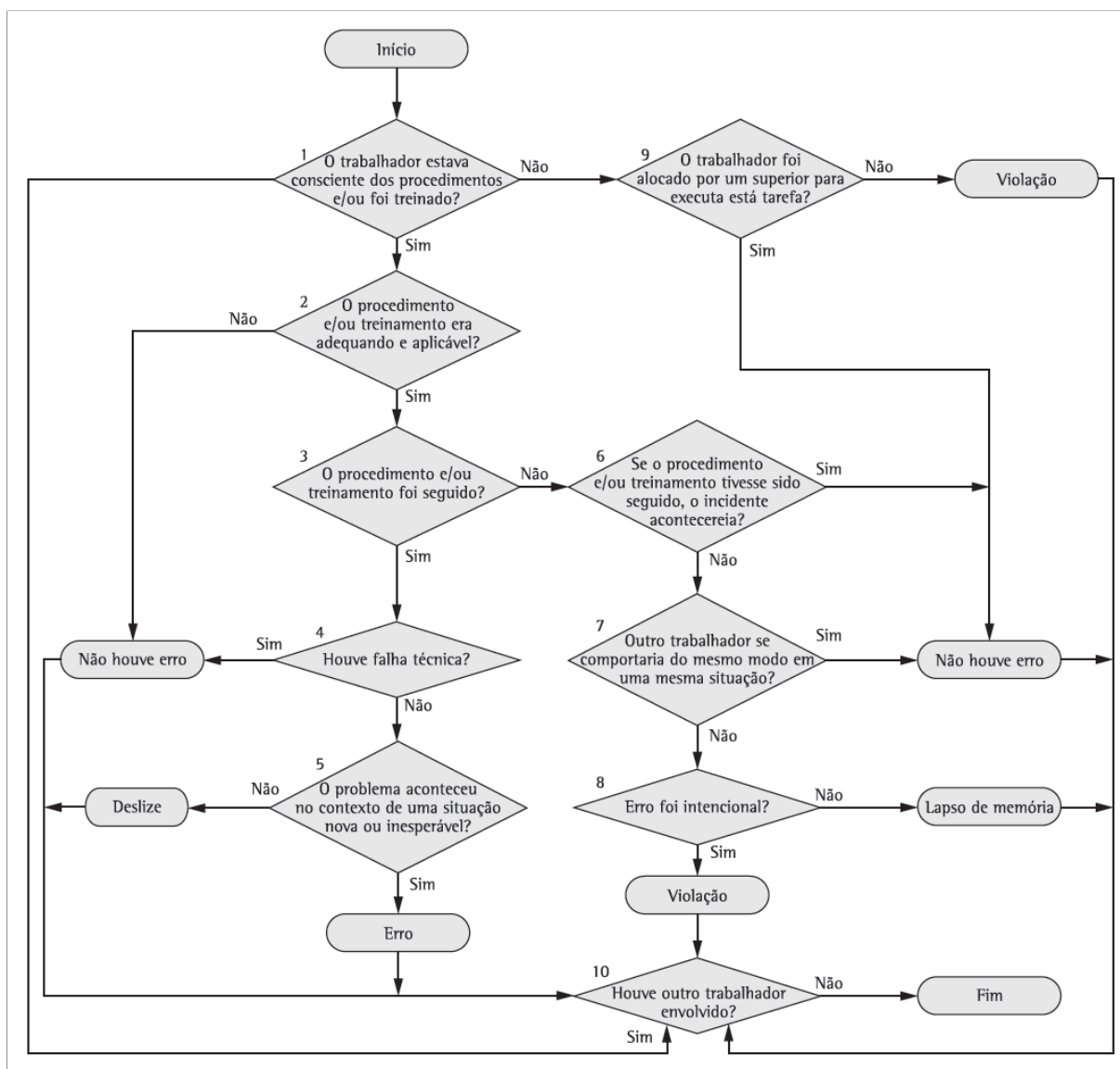
2.3 METODOLOGIA DE CLASSIFICAÇÃO DO ERRO HUMANO

Para a correta classificação dos erros humanos dentro das características apresentadas anteriormente, algumas metodologias podem ser aplicadas; um exemplo é o algoritmo para classificação de tipos de erros humanos proposto por Saurin, Grandó e Costella (2012).

De acordo com os autores supracitados, a metodologia do algoritmo da Figura 5 consiste em dez perguntas que guiam a classificação a cinco respostas finais: "deslizes", "lapsos de memória", "violações", "erros baseados no conhecimento" e "não houve erro do trabalhador".

Esse fluxograma precisa ser aplicado a todas as pessoas que tiveram qualquer relação com o evento que está sendo analisado, a fim de definir todos os erros humanos cometidos que acarretaram no evento de falha.

Figura 5 – Algoritmo para classificação de tipos de erros humanos



Fonte: Saurin, Grando e Costella (2012)

O fluxograma representado pela Figura 5 se aplica aos envolvidos no evento sob análise, a fim de definir quais foram as falhas cometidas que possivelmente acarretaram no evento inesperado.

O algoritmo inicialmente confirma se o operador estava consciente dos procedimentos e/ou foi treinado para tal atividade (Pergunta 1). Caso a resposta seja negativa, o fluxo guia até a pergunta 9: "O trabalhador foi alocado por um superior para executar esta tarefa?", se a resposta for negativa, houve uma "violação", pois o operador não era apto para realizar a atividade e não foi alocado para tal, mas mesmo assim o fez; porém, se a resposta à pergunta 9 for afirmativa, considera-se que não houve erro por parte do executante da tarefa (cabe então analisar se houve erro do superior deste trabalhador).

Entretanto, caso a resposta à pergunta 1 seja positiva, o algoritmo leva a confirmar se o procedimento era adequado à situação (pergunta 2). Se o procedimento for adequado, tenha sido seguido (Pergunta 3) e for constatada falha técnica (Pergunta 4), considera-se que não houve erro por parte do trabalhador. Também considera-se que não houve erro do trabalhador caso o procedimento / treinamento não fosse adequado à situação em análise.

Caso não tenha havido falha técnica (Pergunta 4) e o problema tenha acontecido "no contexto de uma situação nova ou inesperável"(Pergunta 5), considera-se que houve um erro baseado em conhecimento (*knowledge-based*). Contudo, caso não se trate de uma situação nova, caracteriza-se como deslize.

Se o procedimento e/ou treinamento não foi seguido (Pergunta 3) e, tendo sido seguido, a falha ainda assim aconteceria(Pergunta 6), ou mesmo se outro trabalhador executando a mesma função teria tomado a mesma decisão (Pergunta 7), considera-se que não houve erro por parte do trabalhador. A falha estaria no processo ou em algum outro fator externo.

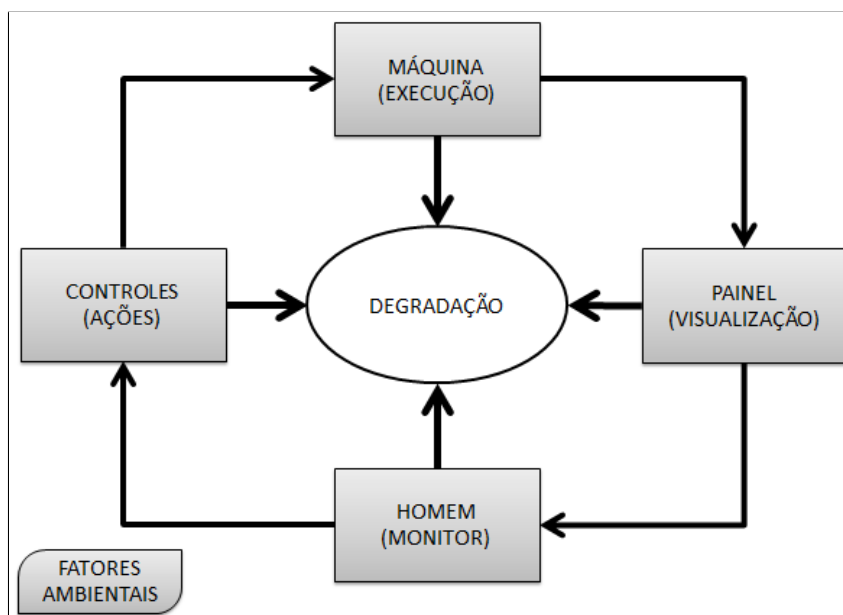
Todavia, no cenário de que outro trabalhador não teria se comportado do mesmo modo na mesma situação (Pergunta 7) e o erro não tenha sido intencional(Pergunta 8), considera-se que houve um lapso de memória; porém, caso o erro tenha ocorrido intencionalmente, trata-se de uma violação.

A metodologia considera o princípio de que todos os trabalhadores envolvidos naquela atividade precisam ser considerados separadamente e, por isso, após a resposta final encontrada, todos os caminhos levam à pergunta 10: "Houve outro trabalhador envolvido?", se a resposta for "sim", o ciclo todo se reinicia.

2.3.1 Confiabilidade na relação Homem - Máquina

No sistema Homem - Máquina, a máquina é considerada como a operadora (ou executora) das ações e o homem como criador e monitor (ou supervisor) dos sistemas. Além disso, nessa relação ainda são necessários alguns elementos de interface entre homem e máquina (IHM), como visores, painéis e displays, além dos controles das ações sobre as máquinas e os produtos gerados, fato bem registrado na Figura 6.

Figura 6 – Componentes e fatores do sistema Homem - Máquina



Fonte: Adaptado de Pallerosi (2008)

Todo esse sistema é afetado pelo ambiente em que está inserido e todas as partes do sistema estão sujeitas a degradação natural ao longo do tempo. (PALLEROSI, 2008)

2.4 AVALIAÇÃO DA CONFIABILIDADE HUMANA

Foram apresentadas nas seções anteriores as definições de confiabilidade humana, as características fundamentais para classificar os erros humanos nas categorias que melhor as descrevem e também estratégias para realizar essa classificação.

Todo processo com participação humana está sujeito a erros; por isso, é importante analisar o impacto das pessoas sobre o desempenho de um processo ou tarefa.

A avaliação da confiabilidade humana (ACH) tem a finalidade de avaliar as influências do erro humano no sistema em que está aplicado. Essa análise pode ser quantitativa ou qualitativa, dependendo do tipo de dado disponível e do objetivo do estudo. (MORAES, 2013)

Quando é realizada uma análise quantitativa, outros softwares podem ser utilizados para simular as falhas e fornecer dados sobre elas. Na análise qualitativa, o objetivo é identificar os potenciais erros humanos e suas causas, buscando reduzir a probabilidade de ocorrência. (MORAES, 2013)

O modelo de análise proposto por Moraes (2013) inicia com a **definição do problema**, ressaltando quais são os tipos de envolvimentos humanos que devem ser investigados ou avaliados.

O passo seguinte é a **análise da tarefa**, definindo como a tarefa será realizada e também quais auxílios serão necessários.

Parte-se então para a **análise do erro humano**, pontuando como a realização dessa tarefa pode falhar, quais erros podem ocorrer e também como eles podem ser recuperados.

A próxima etapa é a **representação**; nesta etapa são analisadas as possíveis interações destes erros ou falhas com outros *softwares* e/ou *hardwares* para que seja possível calcular as probabilidades de falha totais do sistema.

Então, na etapa da **seleção**, são determinadas quais tarefas ou erros não necessitam de uma quantificação detalhada, para que na etapa da **quantificação** sejam determinados quão possíveis são os erros ou falhas apenas nas tarefas que têm essa importância.

Na etapa seguinte, denominada de **avaliação do impacto**, estruturam-se quais são as atividades que mais afetam a confiabilidade ou risco do sistema.

Todo esse processo é necessário para a **redução do erro**, por meio do estabelecimento de estratégias para alcançar um nível maior de confiabilidade do sistema. A **documentação** do processo é a etapa que finaliza o ciclo, garantindo que futuras intervenções no processo sejam otimizadas, não realizando retrabalhos desnecessários por falta de documentação. (MORAES, 2013)

2.5 TÉCNICAS DE PREVENÇÃO DE ERRO HUMANO

Existem muitas técnicas de prevenção de erro humano que podem ser incorporadas ao processo de planejamento da tarefa / trabalho, fazendo com que a taxa de erros diminua. Apenas o conhecimento dessas técnicas não traz resultados eficazes: é necessário que haja um engajamento do time de trabalho e da gerência, incentivando e viabilizando essas melhorias de processo. (ROGERS, 2006).

Cada uma dessas ferramentas é aplicável para determinadas situações, para mitigar tipos específicos de falha humana, sendo necessário avaliar e definir quais das ferramentas descritas são aplicáveis ao sistema analisado.

A seguir serão dispostas várias técnicas para prevenção de erros, propostas por Rogers (2006).

2.5.1 Quatro perguntas chaves

Essa técnica consiste basicamente em fazer quatro perguntas antes de iniciar uma nova tarefa (ROGERS, 2006):

1. Quais os passos críticos da atividade?
2. Como seria cometido um erro nesse passo?
3. Qual a pior coisa que pode acontecer?

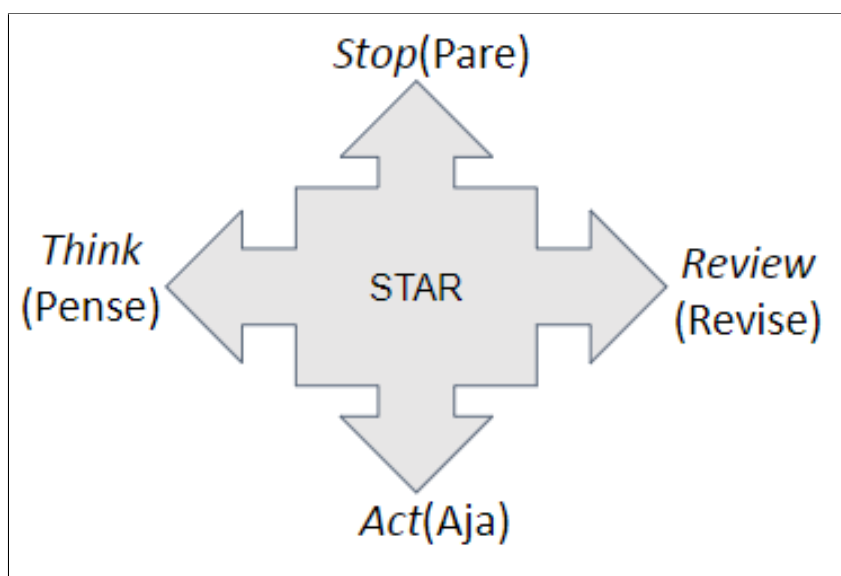
4. Que barreiras são necessárias?

Com estas quatro perguntas pretende-se evitar falhas relacionadas a planeamento e análise inadequada da tarefa.

2.5.2 Metodologia STAR - Auto-checagem

A metodologia STAR é uma alternativa para evitar falhas decorrentes de desatenções, esquecimentos e inadvertências, pois obriga o operador a parar suas atividades e revisá-las antes de continuar outras atividades.

Figura 7 – Metodologia STAR



Fonte: Adaptado de Rogers (2006)

As quatro etapas da metodologia estão descritas abaixo e também representadas na Figura 7:

- *STOP(PARE)* - Parar antes de realizar a atividade para focar a atenção na tarefa.

- *THINK(PENSE)* - Pensar antes de realizar a tarefa, verificar se todas as ações que antecipam a tarefa crítica foram realizadas.

- *ACT(AJA)* - Realizar a tarefa, sem interrupções ou distrações.

- *REVIEW(REVISE)* - Depois de finalizada a tarefa, deve-se revisar tudo o que foi feito e garantir que as ações de finalização da tarefa foram realizadas.(ROGERS, 2006)

2.5.3 Gestão visual

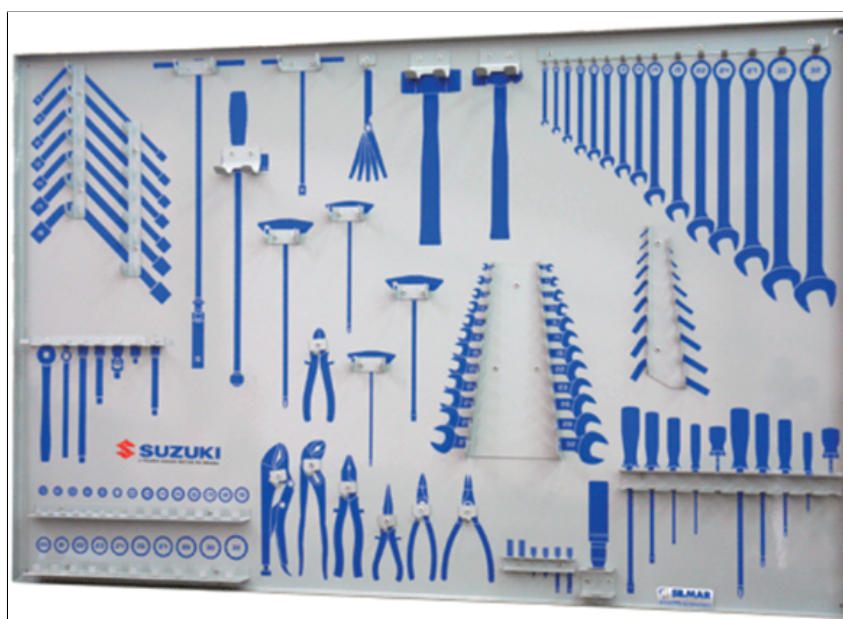
De acordo com Santos (2017), a gestão visual existe para tornar o ambiente de trabalho autoexplicativo, gerenciando-se automaticamente e sendo regulamentado

naturalmente todos os dias devido às soluções visuais. Isso evita perda de tempo com pesquisas, espera, interrupções, perguntas, erros, adivinhações e retrabalhos.

Segundo Cera (2016), “em um ambiente profissional, quando técnicas de Gestão Visual são aplicadas, torna possível que qualquer pessoa possa perceber uma situação e reagir de maneira rápida, precisa e adequada, com autonomia. Ou seja, sem precisar perguntar para outra pessoa, ou mesmo, para o computador.”. Principais características de uma gestão visual efetiva:

- Colocar conhecimento e informação disponível a todos;
- Permitir que os usuários participem da criação de regras e padrões;
- Reorientação das funções de inspeção para observação de fatos e solução de problemas com mais agilidade;
- Informações visíveis à distância de 1 metro;
- A quantidade de informação exata deve estar no local específico onde ela será necessária.

Figura 8 – Exemplos de gestão visual



Fonte: Silmar (2018)

Na Figura 8 é possível verificar um exemplo de gestão visual aplicada a painéis de ferramentas, o que ajuda a reduzir tempo de procura de ferramentas e aumenta a organização.

2.5.4 Metodologia OOPs

Essa técnica tem o objetivo de mitigar erros baseados em conhecimento (*knowledge-based*), e consiste em instruir o operador a parar de realizar uma tarefa

assim que perceber que está fazendo algo fora dos procedimentos, parâmetros ou processos. (*Outside Of Parameters, Procedures or Process - OOPs*). (ROGERS, 2006)

2.5.5 *Poka-yoke*

Poka-yoke é uma técnica de prevenção de erro humano muito versátil, que pode ser usada desde a produção, manutenção, distribuição e uso de qualquer insumo. Esse sistema foi desenvolvido pelo Dr. Shigeo Shingo e usado primeiramente na Toyota para evitar erros de montagem. Inman (2017) cita vários tipos de *poka-yokes* para as mais diversas aplicações, baseando-se em detecção e predição.

Por exemplo, *Poka-yoke* para controle não permite que o processo continue caso alguma anormalidade aconteça; por exemplo, a tentativa de montar uma peça invertida. Se houver *poka-yoke* ativo nesse processo, essa montagem invertida não será possível e, portanto, o processo não poderá continuar, e o operador será obrigado a corrigir a montagem. Ao passo que *poka-yoke* para advertência apenas informa e explicita para o operador que algo anormal aconteceu no processo, o próprio operador consegue prosseguir para as próximas etapas. (INMAN, 2017)

Para aplicar essa metodologia, é necessário conhecer a causa raiz dos erros do processo em que se deseja mitigar o erro humano. Pois de nada adianta impossibilitar a montagem invertida de um item se a causa raiz da falha de manutenção é a perda de peças durante o processo de desmontagem, por exemplo.

2.5.5.1 Método de contato

Esse método de *poka-yoke* faz uso de algum tipo de dispositivo sensível que pode detectar anormalidades no processo. Pode ser tão simples como um pino que impede a montagem invertida de uma peça, ou algo maior, como a modificação do design de algum componente para que tenha menos peças pequenas que facilitam a montagem incorreta. (INMAN, 2017)

2.5.5.2 Método do valor fixo

Inman (2017) sugere que esse método seja aplicado em processos que exijam um número repetido e fixo de ações como, por exemplo, o aperto de 6 parafusos para fixar um mancal. Um modelo de *poka-yoke* a ser aplicado nesse caso seria uma máquina (torquímetro) que só acende uma luz verde após 6 parafusos terem sido fixados. Outro exemplo ainda mais simples é a separação de *kits* para montagem, tornando óbvia a percepção para o operador de que algo não está correto, caso ele termine a montagem e sobre as peças do *kit*.

2.5.5.3 Método passo-a-passo

Inman (2017) apresenta esse método e o recomenda para casos em que uma série de passos diferentes precisam ser executados por um só operador. Ele sugere que, para isso, alguns movimentos e trocas de posição sejam necessárias para garantir a execução de todas as etapas na ordem correta, sem que nenhuma etapa seja esquecida.

2.5.6 Supervisão

Segundo o EPRI (*ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE*), uma forma de prevenção de erros humanos é a técnica *Observation*, sendo aplicado por supervisores ou gerentes. Consiste basicamente em reparar ou observar e registrar fatos e eventos. Assim, o supervisor tem a oportunidade de obter informações importantes sobre os operadores/manutentores, processos e sistemas. (ROGERS, 2007).

Dessa maneira, o supervisor pode reconhecer pessoalmente se os padrões estabelecidos estão sendo entendidos e compreendidos como práticas industriais de segurança, ou se estão sendo feitos os procedimentos adequados. Por exemplo, avaliar se os procedimentos contêm detalhes suficientes para o nível de conhecimento, habilidade e experiência do operador, ou se o operador está confiante para realizar seu trabalho. (ROGERS, 2007)

Se for implementado corretamente, pode beneficiar tanto o operador como o observador (ou supervisor) e a organização. O operador pode receber *feedbacks* construtivos, melhorando seu desempenho e comportamento, e também sua moral, por meio de reconhecimento. Já o supervisor pode se beneficiar por conhecer pessoalmente se foram bem implantados os procedimentos e habilidades necessárias do operador. A organização se beneficia das lições aprendidas melhorando sua performance humana. (ROGERS, 2007)

A técnica *Observation* pode ser aplicada em quatro passos:

1. **Preparar-se para a Observação:** determinar tarefas, processos e atividades importantes para a confiabilidade da planta e da performance do operador, como também a eficácia de ações corretivas. Então, é interessante, além de ficar familiarizado com o que deve ser observado, fazer alguma lista dessas tarefas que foram determinadas para utilizar durante a observação.
2. **Conduzir a Observação:** consiste em preparar o operador para ser observado, deixando-o tranquilo, por informá-lo com antecedência e explicar o que está sendo feito e o porquê. Também pode deixar claro que os apontamentos feitos podem ser conferidos pelo próprio operador, se ele quiser. Deve ser feito de forma discreta, evitando causar distrações, deixando perguntas para depois de finalizadas as atividade ou tarefas a serem observadas.

3. **Acompanhar e fornecer *feedback*:** durante esta etapa, faz-se uma verificação de lugares onde se pode obter melhorias significativas e quais as possíveis causas. É feita uma revisão dos apontamentos, talvez sendo necessário entrevistar o operador para se ter melhor esclarecimento desses apontamentos, evitando reclamações e críticas, apenas tentando entender os fatos registrados. É importante ser feito de modo oportuno um *feedback* ao fim da tarefa ou atividade, não perdendo a chance de também dar um parecer positivo do trabalho feito pelo operador, sendo feito de modo informal. Ainda, o *feedback* pode ser feito posteriormente de modo mais formal em uma reunião, comunicando as lições aprendidas e reforçando aspectos positivos, onde quem foi observado também pode se expressar e dar ideias.
4. **Elaborar relatório da Observação:** o relatório pode ser feito de forma sucinta, contendo os fatos observados, problemas encontrados e espaços para melhorias, como também as possíveis causas e porquês. Pode-se colocar também os aspectos positivos encontrados durante a observação.

Usando de maneira correta, a ferramenta *Observation* permite ao supervisor assegurar que os padrões estão sendo entendidos e seguidos, podendo verificar a qualidade do serviço prestado. Logo, torna-se uma excelente ferramenta para prevenção de falhas por transgressões e enganos.

2.5.7 Treinamento

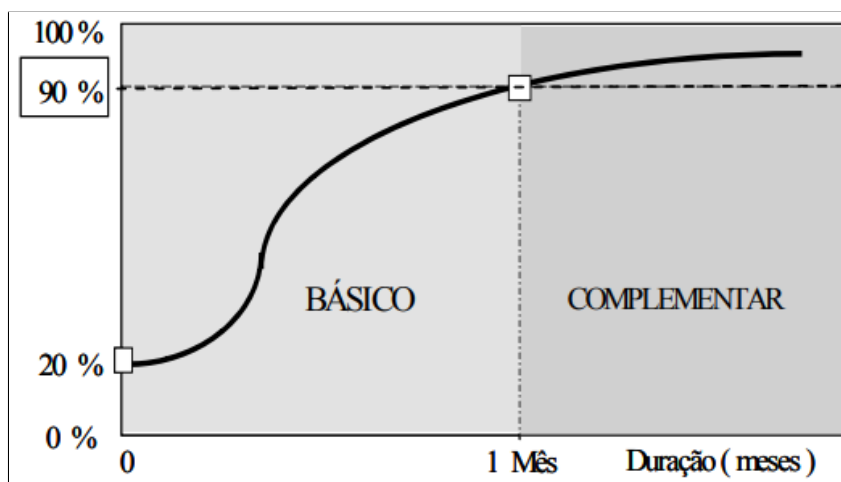
Uma das principais falhas causadas por engano, ou seja, por aprendizagem inadequada ou insuficiente, é devida à falta de treinamento, como afirma Pallerosi (2007).

A aprendizagem pode ser dividida em duas fases: um treinamento Básico e um Complementar, como ilustra a Figura 9, em que um indivíduo possui um conhecimento prévio de aproximadamente 20% e após um mês de treinamento Básico desenvolva um bom nível de conhecimento para a execução de suas tarefas, em torno de 90%. Já a etapa complementar pode levar vários meses, em que o nível de 100% consiste num valor ideal teórico, impossível de se alcançar. (PALLEROSI, 2007)

É essencial ter descrições dos procedimentos operacionais como base para um treinamento inicial (Básico), como também para posteriores treinamentos periódicos (Complementares). Além disso, é recomendado que ocorram treinamentos tanto em salas de aula como em campo. Tanto para treinamentos periódicos de renovação ou atualização, como para o de novos funcionários, podem ser utilizados filmes ou gravações para auxiliar nas sessões de treinamento. (COYLE, 2007)

De acordo com o livro *Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems* de Coyle (2007), devem ser previstos treinamentos não somente de fabricantes, mas também dos projetistas e engenheiros responsáveis pela planta, trazendo

Figura 9 – Etapas da aprendizagem



Fonte: Pallerosi (2007)

informações sobre a operação geral dos sistemas e de componentes individuais, principalmente quando forem implantados novos equipamentos ou sistemas.

Assim sendo, como foi visto e ilustrado pelas etapas de aprendizagem mencionadas por Pallerosi e por Tim Coyle, o treinamento deve ser constante, servindo como base para a construção de novos conhecimentos e habilidades. É conveniente que se tenha o engajamento da equipe, que pode ser feito por meio de incentivos como promoções financeiras ou a possibilidade de cargos superiores. (PALLEROSI, 2007)

2.5.8 Revisão de Procedimento

O procedimento é o documento que contém o detalhamento descritivo das operações necessárias para realizar uma atividade. A este dá-se o nome de POP (Procedimento Operacional Padrão). (MATIAS, 2013)

Um POP deve descrever de forma minuciosa as etapas de execução de uma determinada tarefa, a fim de minimizar a ocorrência de falhas. (MEDEIROS, 2010)

O POP tem por função um rápido aprendizado a despeito de determinado assunto ou *modus operandi* de uma determinada tarefa, levando as tomadas de decisões pela mão de obra humana aos limites dos procedimentos. Além disso, ele estabelece um padrão de execução de determinada atividade, com o intuito de que qualquer pessoa que execute a atividade a realize com a mesma técnica. (MEDEIROS, 2010)

Sendo assim, fica fundamentado o porquê da existência de um POP. Porém, faz-se necessária sua revisão periódica, pois novos conceitos ou metodologias podem passar a fazer parte do escopo de uma atividade genérica, eliminando desvios e mitigando problemas ao passo que avança para a melhoria do processo.

Nesta revisão podem ser adicionadas ou alteradas informações como listas,

tabelas, documentos relacionados, investidores e pesquisadores. Alteração de diretrizes deve ser feita de acordo com a política e o código de ética da empresa.(ANEEL, 2016)

No caso de empresas do setor elétrico que respondem à ONS (Operador Nacional do Sistema) e à ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), além dos regimentos e procedimentos internos, elas são regidas pelos procedimentos dos órgãos superiores.(ANEEL, 2016)

A elaboração de procedimentos em Operação e Manutenção pode ser dada da seguinte forma: (ENERGISA, 2018)

- **Comissionamento:** Etapa em que se obtém conhecimento detalhado dos equipamentos instalados. Esta é a etapa mais importante para levantamento de requisitos para elaborar um procedimento;
- **Pré-operação:** Ao compor a equipe de elaboração dos procedimentos, deve-se incluir operadores e manutentores, para que todos os responsáveis tenham alinhadas as atividades que devem ser desempenhadas em cada equipamento, dadas as particularidades;
- **Operação Remota:** Quando existente, o modo como é realizado o acesso deve ser todo regimentado;
- **Manutenção Preditiva, Preventiva ou Corretiva:** Atividades de monitoramento e diagnóstico de condição de equipamentos, intervenções baseadas no tempo e até mesmo emergenciais. Cada uma necessita de uma forma de operacionalizar.

Percebe-se que a gama de informações envolvidas na área de O&M é grande, e que a revisão de procedimento se faz necessária pois novas metodologias podem ser empregadas na empresa, deixando-o obsoleto; novos funcionários podem passar a fazer parte do quadro, e a utilização de um procedimento desatualizado pode causar uma transgressão não-intencional. Por isso, uma revisão periódica nos procedimentos em equipes enxutas, porém competentes, faz com que falhas nesse quesito sejam minimizadas.

2.5.9 Teste operacional

Falhas decorrentes de momentos de distração, falta de atenção ou lapsos de memória são chamados de deslizos. Visando reduzir falhas deste tipo, o método de Teste operacional obriga o responsável pela execução de determinada tarefa a revisar toda a sua atividade antes mesmo de realizá-la, porque, de acordo com (SILVA, 2006), este deve se atentar aos critérios a seguir:

- **Finalidade:** Refletir quais são as razões para a execução da tarefa, a fim de prevenir ações equivocadas ou empenho de atividades em equipamentos errados;
- **Ferramentaria:** Se houver um departamento de PCM (Planejamento

e Controle de Manutenção) implantado, de acordo com (XAVIER, 2013) ele é responsável tanto pela entrega da ordem de serviço, quanto pela separação das ferramentas e dos materiais necessários para realizar a atividade; ainda assim, é importante rever se todas as ferramentas que serão utilizadas em cada passo da operação estão disponíveis e em condições de funcionamento, resguardando que a atividade precise de interrupção, não afetando significativamente o desenvolvimento da mesma para buscar outras ferramentas, não impactando o tempo planejado para execução e também impactando positivamente em indicadores de tempo médio entre reparos ou até mesmo *backlog*, que mede o tempo necessário para anular as atividades ainda pendentes de realização.

- **Viabilidade:** Revisar todos os passos que serão realizados para obtenção de ampla visualização, por meio de um *check-list*, por exemplo, se estes são possíveis de cumprir-se, implicando em um aprimoramento no conhecimento de como efetuar a tarefa, afinando a sensibilidade do responsável, evitando falhas por equívocos e tempo maior para reparo.

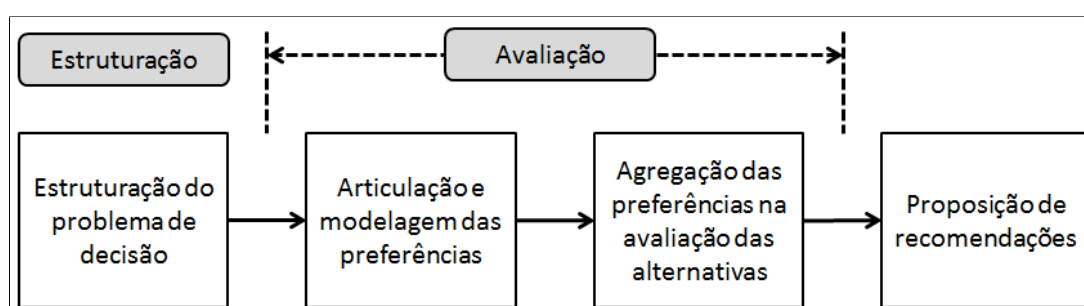
O teste operacional difere da metodologia STAR apresentada na Subseção 2.5.2, porque determina que o exercício de parar e revisar todas as etapas do processo acontece antes da atividade iniciar, ao passo que, na metodologia STAR, a revisão acontece após a finalização da tarefa.(SILVA, 2006)

2.6 MÉTODOS DE TOMADA DE DECISÃO

Os métodos de tomada de decisão são fortes aliados da resolução de um modelo proveniente de entradas aleatórias, como é o caso da análise da confiabilidade humana.(FERRAZ; SICILIANO, 2010).

A tomada de decisão visa orientar ou aproximar a problemática da solução, apresentando o melhor resultado ou avaliação da situação.(LOURES, 2018)

Figura 10 – Etapas de Tomada de Decisão



Fonte: Adaptado de Loures (2018)

Os métodos de tomada de decisão, segundo Loures (2018), também são chamados de MDMM (*Multicriteria Decision Making Method*), que numa tradução

simples significa Métodos Multicritério de Tomada de Decisão; analiticamente, chama-se Método Multicritério de Análise de Decisão, e possui em sua abordagem meios de modelar os processos decisórios, compreendendo:

- Uma decisão a ser tomada;
- Eventos desconhecidos que afetem os resultados.

Para isso vale tanto o conhecimento tácito, baseado em experiência pessoal, quanto o explícito, definido por informações baseadas em dados.

Ela é a definição específica da atitude que se deve ter para minimizar, e até mesmo sanar, as causas-raiz das falhas humanas, com base num prognóstico prévio (SOUZA, 2008).

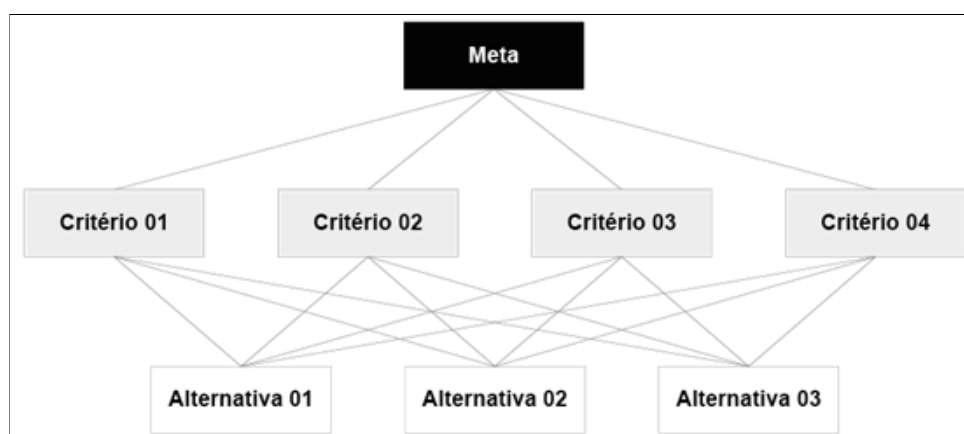
2.6.1 Método AHP

Termo proveniente da língua inglesa, AHP (*Analytic Hierarchy Process*) significa, numa tradução simples, a análise hierárquica de um processo. Este é um método de tomada de decisão desenvolvido pelo matemático Thomas Lorie Saaty (1970), como citam Albuquerque e Andrade (2012). Os autores seguem afirmando que o método é considerado, além de uma ferramenta de tomada de decisão, um método multicritério, isto é, baseia-se no relacionamento mútuo entre vários critérios estabelecidos fornecendo várias alternativas, comparando todas as alternativas entre si.

Existem três qualidades intrínsecas a esse método: a estruturação hierárquica, a obtenção de prioridades e a consistência lógica (SAATY, 1980).

O método visa diminuir a complexidade, decompondo e dividindo a problemática em fatores que podem ser expressos em níveis de maior detalhamento, tornando-a mais clara e dimensionável; visa, também, mostrar a decisão mais adequada a ser tomada (BARROS; SOUZA; MARINS, 2009).

Figura 11 – Método AHP



Fonte: Vargas (2010)

Conforme ilustrado pela Figura 11, o modelo mais simples de montagem de

uma AHP é com três níveis: meta/objetivo, critérios e alternativas, com suas conexões representadas por linhas. Um critério é um princípio ou padrão sob o qual o assunto é julgado, enquanto objetivo é algo desejado ou almejado (*CREATIVE DECISIONS FOUNDATION, 2018b*).

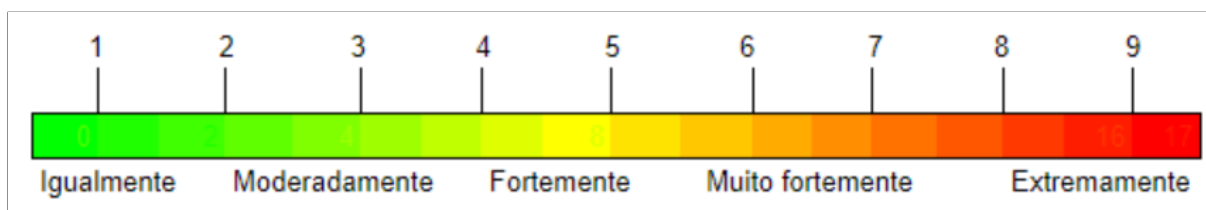
Existe um *software* gratuito disponível para aplicação desse método, chamado *SuperDecisions*. Para a utilização do *software SuperDecisions* há uma diversidade de vocabulários que são necessários para a compreensão da estrutura e do funcionamento do mesmo:

- **Cluster:** Assim como mostrado na Figura 13, *clusters* são agrupamentos de dois ou mais nós que são correlacionáveis (mesma relação ou causa);
- **Nó:** Elemento básico do modelo. As conexões do *software* são realizadas por meio dos nós, assim como as comparações *pairwise*;
- **Conexões:** As conexões indicam causalidade ou efeito de um nó sobre o outro. A intensidade dessa conexão é depois classificada segundo parâmetros diversos, que podem ser provenientes de literaturas, experiência de profissionais da área e/ou dados pré existentes.
- **Comparação *Pairwise*:** Comparação entre dois nós do mesmo *cluster* em relação a um nó que está um nível acima. Esta relação é utilizada para determinar qual dos dois nós tem mais efeito/relação com o nó do nível superior. Por exemplo: uma comparação de duas alternativas em relação a um critério, o nó da alternativa que recebe a maior pontuação é aquele que mais tem relação com o critério analisado.

Fundamentalmente, o AHP trabalha desenvolvendo prioridades para alternativas e os critérios usados para julgar as alternativas. Normalmente, os critérios, cuja escolha está à mercê do entendimento da pessoa que está aplicando o método (critérios irrelevantes são aqueles que não estão incluídos na hierarquia), são medidos em diferentes escalas, como peso e comprimento, ou são intangíveis para os quais ainda não existem escalas. Medições em diferentes escalas, é claro, não podem ser combinadas diretamente. Primeiro, as prioridades são derivadas para os critérios em termos de sua importância para atingir o objetivo, então as prioridades são derivadas para o desempenho das alternativas em cada critério. Essas prioridades são derivadas com base em avaliações de pares, usando julgamento, ou proporções de medidas de uma escala, se houver. (*CREATIVE DECISIONS FOUNDATION, 2018a*)

A escala recomendada por Saaty (1980), mostrada na Figura 12, possui valores inteiros de 1 a 9, sendo que 1 significa a indiferença de importância de um critério em relação ao outro (são igualmente importantes em relação ao critério do nível superior), e 9 significando a extrema importância de um critério sobre outro, com estágios intermediários entre esses níveis 1 e 9.

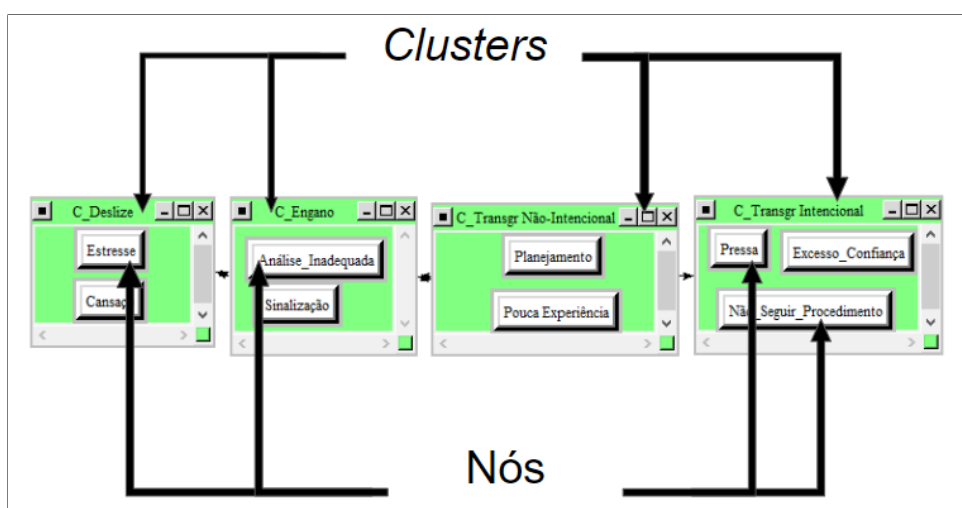
Figura 12 – Escala Saaty



Fonte: Os autores

O processo de priorização resolve o problema de ter que lidar com diferentes tipos de escalas, interpretando sua importância para os valores do usuário ou usuários. Finalmente, um processo de ponderação e adição é usado para obter prioridades gerais para as alternativas de como elas contribuem para a meta. Essa ponderação e a adição de paralelos com o que se teria feito aritmeticamente antes do AHP para combinar alternativas medidas sob vários critérios com a mesma escala (uma escala que é frequentemente comum a vários critérios é dinheiro) para obter um resultado geral. Com o AHP, um problema de escalonamento multidimensional é assim transformado em um problema de escalonamento unidimensional. (*CREATIVE DECISIONS FOUNDATION, 2018a*)

Figura 13 – AHP - Nós e clusters



Fonte: Os Autores

As conexões entre os nós e clusters são sempre hierárquicas, ou seja, respeitam a ordem nos níveis e são conexões feitas apenas de um nível superior ao seu nível imediatamente inferior, sem conexões de causalidade entre nós do mesmo nível e/ou do mesmo cluster. Existe uma generalização deste método que considera possíveis inter-relações entre nós no mesmo nível, chamada de ANP - *Analytic Network Process*.

2.6.2 Método ANP

O mesmo *software* disponibiliza a aplicação do método AHP flexibilizado para redes, ou seja, com conexões no mesmo nível em diferentes *clusters* (dependência externa) e até no mesmo *cluster* (dependência interna). O principal benefício de tal aplicação é a possibilidade de inferir relações de causalidade/interferência entre critérios, esboçando assim um modelo ainda mais próximo do real.

Conforme *Creative Decisions Foundation (2018a)*, o ANP é a primeira teoria matemática que nos permite lidar sistematicamente com todos os tipos de dependência e causalidade. A razão de seu sucesso é a maneira como elimina os julgamentos e usa a mensuração para obter escalas. Prioridades que podem ser descritas em escalas são um tipo fundamental de número passível de realizar as operações aritméticas básicas e multiplicar escalas diferentes de forma significativa conforme exigido pela ANP.

2.6.2.1 Limite de Inconsistência

Como já descrito anteriormente, o ANP é uma método de análise multicritério, preparada para receber informações de diversas bibliografias e formas. O que pode ocorrer muitas vezes são divergências entre as fontes ou até mesmo dentro das mesmas. O *software* calcula o nível de inconsistência entre os dados que estão sendo inseridos no sistema, retornando um valor normalizado que vai de 0 a 1, em que em zero a inconsistência é mínima, ou seja, o sistema é lógico e 1 o sistema é totalmente inconsistente e não há como tecer conclusões com os dados inseridos. Segundo *Creative Decisions Foundation (2018b)* o nível de inconsistência máximo adequado para análise é de 0,1 (ou 10%). Com este nível, considera-se que as conclusões obtidas com o auxílio do software são reais e fundamentadas.

2.7 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Como foi visto nesse capítulo, existe uma grande quantidade de fatores envolvidos para se fazer a análise visando a melhoria da performance humana em empresas do setor elétrico, que vão desde compreender as condições atuais de O&M até a avaliação do impacto causado pelas falhas. Dessa forma, fica justificada a necessidade de métodos que auxiliem na tomada de decisão para estratégias que permitam a melhoria da performance humana, por meio de técnicas de prevenção. Não esquecendo que o fator financeiro está extremamente ligado à confiabilidade, tanto em quesitos de segurança, quanto de produtividade.

Após a descrição das ferramentas, será possível, no Capítulo 3, definir uma ferramenta para modelar o sistema e, assim, definir o melhor caminho para atingir o objetivo do estudo.

3 METODOLOGIA

A seguir é apresentada a metodologia adotada a partir da fundamentação teórica discutida no Capítulo 2, cujo objetivo é a elaboração de um modelo de tomada de decisão para falhas humanas em O&M, a fim de:

- Diminuir desligamentos não programados;
- Aumentar a disponibilidade do SIP (sistema/item/processo);
- Aumentar a relação operador - SIP;

A primeira etapa desse processo é a identificação das falhas humanas registradas na base de dados (RODRIGUES, 2018), classificando-as em erros ou transgressões e suas subclassificações, conforme indicado pela Figura 4.

O método de avaliação das falhas humanas se dará, após a devida classificação, por meio da junção das técnicas de prevenção do erro humano, aliadas a métodos multicritério, cujo intuito é alcançar a falha zero atingindo a diminuição dos desligamentos não programados por erros humanos e o aumento da disponibilidade de um SIP.

3.1 DEFINIÇÃO DO MÉTODO DE TOMADA DE DECISÃO

Como dito na Seção 2.6, os métodos MDMM possuem uma abordagem analítica e, segundo Loures (2018), têm alguns passos:

- **Formulação do Problema:** Qual o objeto de decisão;
- **Determinação das ações:** Grupo de alternativas que possam resolver o problema colocado;
- **Critérios:** Conjunto de critérios capazes de avaliar de forma potencial as alternativas colocadas para resolução da problemática central;

O *software Superdecisions* foi o escolhido para desenvolver a rede ANP (*Analytic Network Process*), que fará a análise em rede da aplicação do caso.

O método AHP, conforme exposto na Subseção 2.6.1 (juntamente com ANP), são métodos para tratar a percepção tácita que quantifica a incerteza relacionada ao sistema. É um recurso que contém características qualitativas e quantitativas, capaz de analisar percepções experienciadas de relação adicionando pesos de acordo com dados pré existentes, fazendo análise de cunho diagnóstico ou decisional, sendo a última aplicada neste trabalho.

Este *software* foi adotado devido à sua facilidade de aplicação, resultando numa ferramenta de alta aplicabilidade do ponto de vista de gestão nas empresas, pois um *software* muito complexo dificilmente seria adotado. Outra razão para a escolha dessa ferramenta é a versatilidade de análises que ela é capaz de realizar, tornando

possíveis as análises de sensibilidade de nós específicos da rede, sem a necessidade de reprogramar todo o modelo, além de ser um software gratuito. Há também de se ressaltar que este é um *software* livre, ou seja, não trará custos adicionais às empresas que desejem utilizá-lo.

Para cada um dos níveis da rede foi utilizado um critério; estes critérios estão dispostos na Seção 3.2.

3.2 DEFINIÇÃO DOS NÍVEIS DA REDE ANP

A rede ANP a ser definida terá 4 níveis:

- Nível 1: Objetivo;
- Nível 2: Critérios;
- Nível 3: Subcritérios;
- Nível 4: Alternativas de solução.

Serão utilizados quatro níveis para a rede ANP, pois o método naturalmente exige os níveis de objetivo, critérios e alternativas de solução; porém, a base de dados de Rodrigues (2018) – Anexo A – forneceu uma classificação específica de acordo com o conceito da empresa e, neste trabalho, foi realizada uma reclassificação de acordo com o referencial teórico de Pallerosi e outros autores supracitados no Capítulo 2.

As razões para a escolha dos níveis e de cada um dos nós serão descritas nas próximas seções.

3.2.1 Definição do nível Objetivo

O objetivo da aplicação do método ANP é justamente a melhora da performance humana, pois, por meio da aplicação deste método de tomada de decisão, pretende-se definir quais as melhores alternativas para desenvolver a performance humana em operação e manutenção de usinas geradoras de energia, conforme descrito no Subseção 1.3.1.

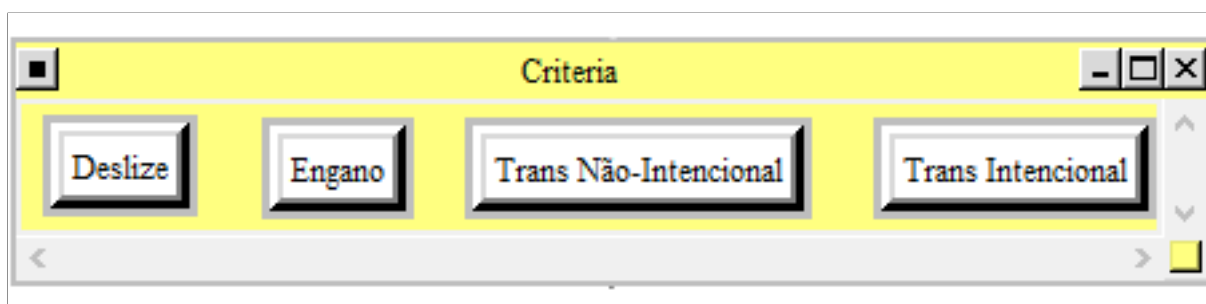
3.2.2 Definições do nível Critérios

Como explica Filho (2015), ao se fazer uma decomposição hierárquica de um problema utilizando um método de tomada de decisão, como o AHP, é importante ter bem definido quais são o propósito, os critérios e as alternativas. Definido o propósito – o problema a ser resolvido –, vem a definição dos critérios.

Ao buscar o aprimoramento da performance humana em uma planta (o propósito do presente trabalho), é necessário definir quais técnicas de prevenção de falhas humanas serão mais eficazes. Sabe-se também que existem várias ferramentas, métodos e técnicas para isso; porém, cada uma se torna mais conveniente para prevenção de determinada classificação de falha.

Conforme Pallerosi (2008), as falhas humanas podem ser classificadas basicamente em Erros e Transgressões. Dessa forma, os Erros podem ser divididos em Deslizes e Enganos; já as Transgressões podem ser divididas em Intencionais e Não Intencionais. Portanto, foram selecionadas essas divisões em que se podem classificar as falhas humanas como os critérios a serem inseridos no *cluster* “Criteria”, como ilustrado na Figura 14.

Figura 14 – Nível Critérios



Fonte: Os autores

Dessa forma, os critérios são fundamentais para comparar e avaliar as alternativas, pois, para cada critério, são analisadas quais alternativas melhor atendem a esse critério (FILHO, 2015). Por sua vez, vale lembrar que cada critério pode ter um nível de importância diferente, sendo necessário dar pesos para eles. Esses pesos podem ser atribuídos de forma qualitativa, quando se utiliza do conhecimento tácito de especialistas, ou ainda quantitativamente, por meio de um banco de dados.

3.2.3 Definições do nível Subcritérios

Semelhantes ao nível hierárquico do *cluster* “Criteria”, podem ser definidos os subcritérios, ou seja, as subcategorias na decomposição hierárquica de tomada de decisão no AHP. Dessa forma, é possível expressar mais detalhes a respeito dos critérios escolhidos, pois para cada critério é possível desmembrá-lo em um *cluster* com subcritérios.

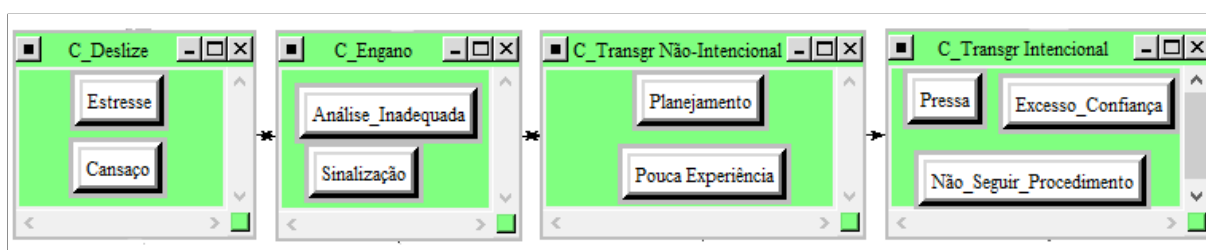
O uso dos subcritérios se torna indispensável quando existem mais variáveis contidas dentro dos critérios escolhidos. No banco de dados utilizado neste trabalho foi verificada uma pré classificação das falhas humanas, listadas com seu significado no contexto de performance humana:

- **Estresse** – causado por cargas excessivas de trabalho, levando a ansiedade, redução da atenção e dificuldades de decisão (PALLEROSI, 2007);
- **Cansaço** – provocado por atividades ou jornadas prolongadas, em ambientes inadequados ou desconfortáveis (PALLEROSI, 2007);

- **Análise Inadequada da Tarefa** – no caso de má interpretação em situações ou condições que se precisa de um diagnóstico “em campo”, ocasionando a aplicação de procedimentos ou regras erradas (ROGERS, 2007);
- **Sinalização** – falta de instruções visuais ou indicações não intuitivas (INSTITUTO KAIZEN, 2018);
- **Planejamento** – no qual é planejado de forma inapropriada, por designar operadores inexperientes para um mesmo grupo ou não solicitar um operador adicional para uma atividade complexa (ROGERS, 2007);
- **Pouca Experiência** – ou falta de proficiência, devido ao baixo nível de conhecimento ou habilidade com uma tarefa ou atividade, como resultado de pouca frequência na sua performance (ROGERS, 2007);
- **Pressa** – ou por pressão do tempo, quando se tem urgência para executar uma tarefa, apresentando falta de vontade em aceitar mais trabalho ou em ajudar outros, levando ao uso de atalhos (ROGERS, 2007);
- **Excesso de Confiança** – quando se subestima a dificuldade ou complexidade de uma tarefa, baseado em experiências passadas com algo similar, supondo que está tudo conforme o esperado (ROGERS, 2007);
- **Não Seguir o Procedimento** – ou também, violação pelos “desvios dos processos, práticas, procedimentos, normas ou regras seguras de operação” (PEDRASSANI, 2000).

Assim sendo, foi necessário definir o conceito de cada pré classificação dentro do contexto de performance humana na operação e manutenção, para poder alocá-los como subcritérios dentro de um *cluster* associado a um critério. Então, para isso, foi analisada a descrição das falhas já pré classificadas no banco de dados, e definido o melhor critério em que se enquadravam, resultando nos seguintes *clusters*, conforme a Figura 15:

Figura 15 – Nível Subcritérios



Fonte: Os autores

Logo, com os subcritérios contextualizados e organizados em seus *clusters*, é possível ter uma análise mais sensível na tomada de decisão, levando em conta diversos fatores que contribuem para uma falha. Inclusive, é interessante notar que uma falha muitas vezes pode ocorrer devido à combinação desses fatores, o que torna

interessante o uso do ANP (*Analytic Network Process*).

As interconexões realizadas no nível Subcritérios foi realizada considerando justamente as falhas que aconteceram devido a mais de um subcritério; desta forma, é possível introduzir no sistema a informação de que existe uma correlação de mútua causalidade entre diferentes nós no mesmo nível e até mesmo no mesmo *cluster* da rede. A seguir, serão fundamentadas as alternativas de ferramentas que aprimorem a performance humana que podem ser escolhidas.

3.2.4 Definições do nível Alternativas

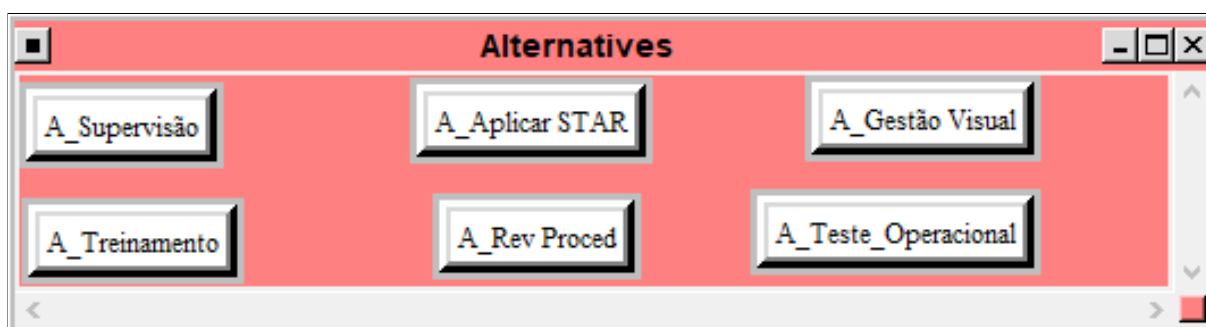
Nesta etapa de implementação do método ANP, pode-se definir a partir dos critérios base, mínimos e necessários, para a avaliação da falha, as alternativas que se aplicam a cada critério.

Elas representam as diferentes possibilidades de tomada de decisão disponíveis, assumindo um número finito de possibilidades.

Do ponto de vista de cada critério é montada uma matriz quadrada de ordem igual ao número de alternativas, na escala Saaty (1 a 9), que prioriza cada alternativa de solução dos critérios preliminarmente determinados, a fim de se obter uma avaliação geral, ou seja, um panorama amplo das alternativas disponíveis para a avaliação da melhor opção a ser escolhida para o critério avaliado. (LAMATA, 2006)

No caso de mitigação das falhas, enganos e transgressões não intencionais e intencionais foram utilizadas as seguintes alternativas: Aplicação da Metodologia STAR (Subseção 2.5.2), Gestão Visual (Subseção 2.5.3), Supervisão (Subseção 2.5.6), Treinamento (Subseção 2.5.7), Revisão de Procedimento (Subseção 2.5.8) e Teste Operacional (Subseção 2.5.9), conforme mostrado na Figura 16.

Figura 16 – Nível Alternatives



Fonte: Os autores

Busca-se, então, a alternativa mais viável para que se obtenha o aumento da performance humana, sob a ótica de priorização dos critérios com maior ocorrência e a utilização da alternativa mais viável para redução ou anulação da falha apontada.

Posto isso, a finalidade desta etapa da AHP é propor soluções viáveis sob a ótica do passado, analisando dados previamente coletados para evitar falhas no futuro, e propondo os métodos mais apropriados para cada falha apontada.

Cada alternativa foi determinada com base em pesquisas e a partir do artigo base Falha Humana em Operação e Manutenção de Subestações, apresentado XVI SENDI em 2006. (SILVA, 2006)

3.3 CONSTRUÇÃO DE MATRIZES COMPARATIVAS

Conforme exposto pela Figura 12, a escala Saaty possui uma escala de 1 a 9, que é inserida em matrizes de comparação a fim de priorizar critérios ou alternativas em detrimento do outro.

A seguir será demonstrado o passo a passo da fundamentação matemática do método AHP, conforme Saaty (1980).

3.3.1 Comparação Par a Par

A comparação baseada nos valores absolutos se torna inválida, pois o AHP se objetiva na comparação dos valores relativos dentro de um contexto.

O Quadro 2 mostra a comparação chamada de *pairwise*, que é a comparação par a par, calculando o respectivo peso entre dois critérios.

Quadro 2 – Matriz 1 - Comparação Par a Par

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5
Critério 1	1	3	5	7	9
Critério 2	1/3	1	3	5	7
Critério 3	1/5	1/3	1	3	5
Critério 4	1/7	1/5	1/3	1	3
Critério 5	1/9	1/7	1/5	1/3	1

Fonte: Os autores

Analisando o Quadro 2, pode-se concluir:

- **Critério 1** possui importância moderada em relação ao **Critério 2**;
- **Critério 1** possui importância forte em relação ao **Critério 3**;
- **Critério 1** possui importância mais forte em relação ao **Critério 4**;
- **Critério 1** possui importância extremamente forte em relação ao **Critério 5**;

- **Critério 2** possui importância moderada em relação ao **Critério 3**;
- **Critério 2** possui importância forte em relação ao **Critério 4**;
- **Critério 2** possui importância mais forte em relação ao **Critério 5**;
- **Critério 3** possui importância moderada em relação ao **Critério 4**;
- **Critério 3** possui importância forte em relação ao **Critério 5**;
- **Critério 4** possui importância moderada em relação ao **Critério 5**.

A quantidade de comparações é dada por:

$$comp = n(n - 1)/2 \quad (2)$$

3.3.2 Normalização

Sabendo que o método AHP foca em comparar o valor relacionado ao contexto e não ao valor absoluto mostrado na matriz, faz-se necessária a normalização desses valores dividindo cada elemento da matriz pela somatória de sua coluna, conforme a Equação (3):

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \text{ onde } j = 1,2,3,\dots,n \quad (3)$$

A matriz normalizada, calculada a partir do Quadro 2, é regida pelo Quadro 3:

Quadro 3 – Matriz 2 - Matriz Normalizada

	Critério 1	Critério 2	Critério 3	Critério 4	Critério 5
Critério 1	0,56	0,64	0,52	0,43	0,36
Critério 2	0,19	0,21	0,31	0,31	0,28
Critério 3	0,11	0,07	0,10	0,18	0,20
Critério 4	0,08	0,04	0,03	0,06	0,12
Critério 5	0,06	0,03	0,02	0,02	0,04

Fonte: Os autores

Após a normalização, a somatória dos itens de cada coluna deve resultar **1**, mostrando que a matriz fora normalizada. Se isso não ocorrer, a normalização deve ser revista.

Posto isso, passa-se ao cálculo do autovetor associado à matriz de comparação, na qual apresentará a cada critério seu autovalor correspondente, segundo Saaty (1980)

regido pela Equação (4):

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n}, i = 1,2,3,\dots,n \quad (4)$$

O autovetor associado à Matriz de Comparação (vide Quadro 2) contém a ordem de priorização de cada critério avaliado.

Com base na Equação (4), calculou-se o autovetor mostrado no Quadro 4:

Quadro 4 – Matriz 3 - Autovetor Associado

Critério 1	0,50
Critério 2	0,26
Critério 3	0,13
Critério 4	0,07
Critério 5	0,03

Fonte: Os autores

O autovetor representa o valor relativo aos elementos da matriz do Quadro 2, sob o total, o que implica que a somatória dos seus elementos resultem em **1**, conforme a Equação (5):

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (5)$$

3.3.3 Consistência

O cálculo da consistência tem por finalidade verificar se os pesos arbitrados na etapa analítica, vista no Quadro 2.

Para que se possa afirmar que o AHP é um método apropriado à aplicação desejada, o índice de consistência (IC) obrigatoriamente deve estar abaixo de 10

$$W = A * w_i \quad (6)$$

Para tal, calcula-se o vetor W, que é obtido utilizando a Equação (6) e multiplicando o respectivo autovetor exposto no Quadro 4 com a Matriz de Comparação.

$$\lambda_{max} = \frac{W/w_i}{n} \quad (7)$$

Pela soma dos valores obtidos de W deve ser obtido o autovalor associado à Matriz obtida, dado pela Equação (7), sendo a média aritmética da divisão da soma dos valores ponderados de W, pelo autovetor.

O valor obtido para para o autovalor resultou:

$$\lambda_{max} = 5,37$$

O índice de consistência é regido pela Equação (8).

$$IC = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

O IC calculado para este exemplo foi:

$$IC = 5,37$$

Por fim, a taxa de consistência é calculada com base em um padrão elaborado por Saaty (1980), o IA – Índice Aleatório –, conforme o Quadro 5

Quadro 5 – Valores de IA para Matrizes Quadradas de ordem n

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IA	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: (SAATY, 1980)

$$TC = \frac{IC}{IA} * 100\% \quad (9)$$

Como visto no Quadro 2, a ordem da matriz é 5 e, portanto, o valor arbitrado por Saaty (1980) é:

$$IA = 1,12$$

e, assim, obtém-se a taxa de consistência:

$$TC = 8,35\%$$

3.4 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

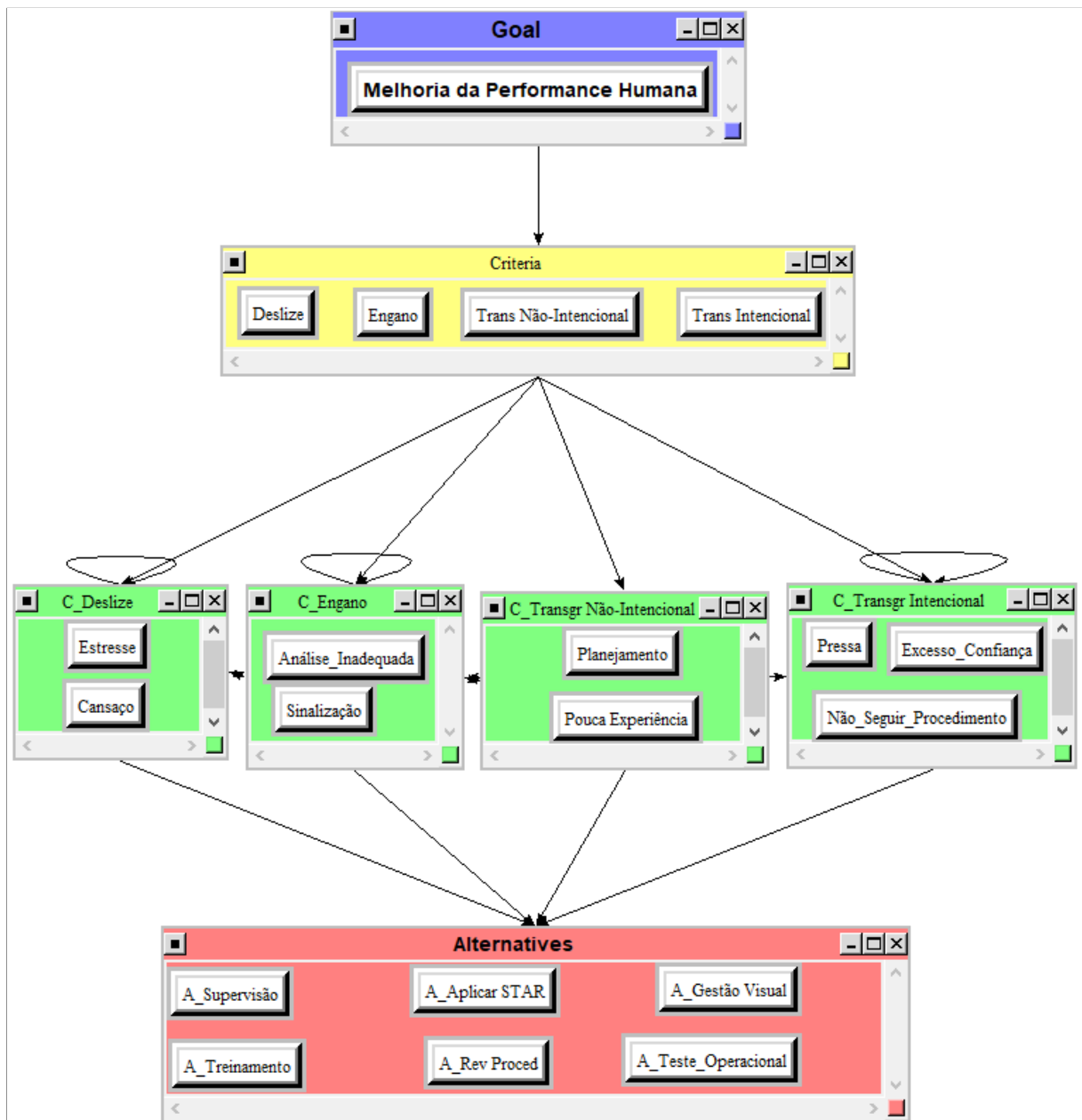
Com a definição de todos os elementos necessários para a aplicação do método da rede ANP no Capítulo 3 – níveis, *clusters*, nós e conexões –, foi possível construir o modelo no *software SuperDecisions* e aplicar as informações da aplicação analisada a fim de definir os pesos em cada uma das comparações *pairwise*. Estes resultados estão dispostos no Capítulo 4.

4 APLICAÇÃO DO MÉTODO

Após definidos os níveis da rede ANP, conforme descritos no capítulo anterior, os mesmos foram introduzidos no *software SuperDecisions*, juntamente com as conexões entre os itens. Estas conexões basearam-se nas inter-relações entre os nós dos *clusters*.

O resultado desta síntese de informações aplicado ao problema apresentado está disposto na Figura 17.

Figura 17 – Rede ANP aplicada



Fonte: Os autores

Depois da rede estruturada, passo seguinte é a execução das comparações *pairwise*. Para estipular os pesos destas comparações, utilizou-se da base de dados disponível no Anexo A. As seguintes seções apresentam mais profundamente cada uma das análises realizadas.

4.1 DEFINIÇÃO DOS PESOS

Após apresentadas todas as razões para as escolhas das camadas da ANP, é necessário definir os pesos para cada um dos nós do sistema e para cada um dos níveis: criteria, sub-criteria e alternatives, foi utilizada uma estratégia diferente.

4.1.1 Definição de pesos no nível Critérios

Neste nível estão dispostas as seguinte classificações: Engano, Deslize, Transgressão Intencional e Transgressão Não-Intencional. A razão da escolha destas classificações foi justificada no capítulo anterior.

Para a definição dos pesos, utilizou-se os dados de falhas humanas em empresas do setor elétrico brasileiro (RODRIGUES, 2018). Cada uma das falhas reportadas enquadram-se em uma das quatro alternativas descritas acima, após isto, os dados foram compilados e foi possível determinar o número de ocorrências de cada uma das classificações, conforme sumarizado no Quadro 6.

Quadro 6 – Falhas humanas de Empresas do Setor Elétrico.

Classificação	Motivo da falha	Quantidade
Deslize	Estresse	1
	Cansaço	1
Engano	Análise Inadequada	8
	Sinalização	1
Transgressão Não-Intencional	Planejamento	1
	Pouca Experiência	2
Transgressão Intencional	Pressa	1
	Excesso de confiança	2
	Não seguir o procedimento	1
Total		18

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2018)

O método AHP baseia-se em comparação por pares, portanto, como são 4 classificações, houveram 8 comparações neste nível, sempre de par em par. A pergunta que norteava a comparação em pares é a seguinte “Qual das classificações tem mais efeito sobre o tema “Melhoria da Performance Humana?”.

Considerando, por exemplo, que metade das falhas humanas aconteceram devido a enganos, então se forem resolvidos os problemas com engano, acabaria-se

com 50% dos problemas. Ao passo que se apenas 16% das falhas for causada por transgressão não-Intencional, apenas 16% das falhas terão alguma melhora, portanto, para a definição dos pesos numa comparação entre o par “Engano” vs. “Transgressão Não-Intencional” utilizou-se a diferença do número de ocorrências, ou seja, peso 6 para Engano em relação a Transgressão Não-Intencional, e assim sucessivamente.

4.1.2 Definição dos pesos no nível Subcritérios

Conforme também descrito no Subseção 4.1.1, foram definidos quatro grupos de sub-critérios, cada um relacionado a um dos critérios. A definição dos pesos seguiu a mesma metodologia do nível critérios, ou seja, foram comparadas a quantidade de ocorrências de um tipo em relação ao outro, por exemplo, no grupo de sub-critérios de Transgressão intencional estão presentes “Pressa”, “Excesso de Confiança” e “Não seguir o procedimento”, mas houve somente uma falha por pressa, ao passo que houveram 5 falhas por Excesso de confiança, então na comparação do par “Pressa” com “Excesso de confiança”, a segunda teria peso 4.

Neste nível há também uma comparação que transcende os grupos, tornando possível a comparação de uma classificação no grupo de engano com outra no grupo de transgressão não intencional, tornando possível quantificar a relação de falhas que relacionam ao mesmo tempo problemas de “Análise Inadequada” com “Pouca experiência”.

Os pesos apontados para esta relação foram obtidos a partir da base de dados do Anexo A (RODRIGUES, 2018), comparando o número de ocorrências com as duas falhas acontecendo no mesmo momento e outras falhas gerais. O esquema apresentado no Quadro 7 relaciona as falhas causadas por múltiplos fatores, onde o número é a quantidade de vezes em que uma falha envolvendo ao mesmo tempo o critério na vertical e na horizontal aconteceu. Os números na diagonal principal são a quantidade de falhas ocorridas para cada um dos critérios individualmente.

Quadro 7 – Relação de falhas com múltiplas causas

	Análise inadequada da tarefa	Excesso de confiança	Estresse	Pouca experiência	Planejamento	Sinalização	Não seguiu procedimento	Pressa	Cansaço
Análise inadequada da tarefa	8	1	1	2	1	1	1	1	
Excesso de confiança	1	2						1	
Estresse	1		1	1					1
Pouca experiência	2		1	2					
Planejamento	1				1				
Sinalização	1					1			
Não seguiu procedimento	1						1		
Pressa	1	1						1	
Cansaço			1						1

Fonte: Adaptado de Rodrigues (2018)

Devido a esta comparação no mesmo nível de dados, porém entre grupos diferentes, a análise além de hierárquica, dada pelo AHP, passa a ser em rede, nominada de ANP (*Analytic Network Process*).

4.1.3 Definição dos pesos no nível Alternativas

O nível alternativas é o nível em que de fato as soluções para resolver o problema de melhoria de performance humana. Os motivos para a escolha destas opções estão descritas no capítulo anterior.

A pergunta chave para a comparação realizada neste nível foi a seguinte: “Qual das duas ferramentas oferece um melhor resultado na melhora do subcritério X?” A definição dos pesos foi dada de acordo com a experiência de pessoas com experiência no tema, numa primeira edição contando somente com os autores e seus professores orientadores e depois uma segunda edição será realizada com a opinião da empresa analisada.

Exemplo de aplicação: “Qual das duas ferramentas: treinamento ou supervisão oferece um melhor resultado na melhora do subcritério Pressa?” Para a equipe, a supervisão é muito fortemente mais efetiva para mitigar falhas relacionadas a Pressa do que o treinamento, seguindo a escala da Figura 12 (disponível pelo próprio *software SuperDecisions*)

Portanto, no *software*, foi definido o peso 7 para Supervisão em comparação com Treinamento.





4.2 DESCRIÇÃO DOS RESULTADOS

Os pesos definidos conforme a Seção 4.1 foram introduzidos no sistema *SuperDecisions*, as análises resultaram no seguinte:

Para os pesos considerados no nível 1 - "Objetivo: Melhora da Performance Humana", o *Software* normalizou a escala de prioridade entre os critérios adotados: Deslize, Engano, Transgressão Intencional e Não-intencional. Resultando nos valores dispostos na Figura 18.

Vale ressaltar que os pesos adotados referem-se à quantidade de falhas registradas que são relacionadas com os critérios. Fica clara a grande concentração das falhas no critério Engano. Esta característica será de grande importância, pois toda a rede tenderá a corrigir este modo de falha específico.

Figura 18 – Normalização dos pesos - Nível 1: Objetivo

Inconsistency: 0.03176		
Deslize		0.06052
Engano		0.68440
Trans Int~		0.15847
Trans Não~		0.09661



Fonte: Os autores

O nível 2: "Critérios", é constituído por quatro nós, cada um destes nós se relaciona com um *cluster* do nível subsequente, portanto, as comparações deste nível relatam a priorização de cada um dos nós do *cluster* relacionado ao nó do nível 2, conforme segue:

Para os pesos considerados no "Critério: Deslize", o *Software* normalizou a escala de prioridade entre os nós do *cluster*: Estresse e Cansaço. Resultando nos valores dispostos na Figura 19.

Como neste *cluster* havia o registro de uma falha para cada um dos subcritérios, os pesos seguiram a mesma proporção, mantendo 50% em cada um dos subcritérios.

Figura 19 – Normalização dos pesos - Nível 2 - Critério: Deslize

Inconsistency: 0.00000		
Cansaço		0.50000
Estresse		0.50000

Fonte: Os autores

Para os pesos considerados no "Critério: Engano", o *Software* normalizou a escala de prioridade entre os nós do *cluster*: Análise Inadequada e Sinalização. Resultando nos valores dispostos na Figura 20.

Este é o *cluster* que se refere ao item com maior índice de recorrências, e dentro deste *cluster* também há uma concentração de falhas referentes a Análise Inadequada. Isto posto, fica clara a necessidade de ação para mitigação deste modo de falha.

Figura 20 – Normalização dos pesos - Nível 2 - Critério: Engano

Inconsistency: 0.00000		
Análise_I~		0.88889
Sinalizaç~		0.11111

Fonte: Os autores

Para os pesos considerados no "Critério: Transgressão Não-Intencional", o *Software* normalizou a escala de prioridade entre os nós do *cluster*: Planejamento e Pouca Experiência. Resultando nos valores dispostos na Figura 21.

O *cluster* de Transgressão Intencional é o segundo com maior peso para priorização e por isto também merece atenção, pois assim que as quantidade de falhas causadas por Enganos for reduzida, este será o próximo *cluster* a ser priorizado.

Figura 21 – Normalização dos pesos - Nível 2 - Critério: Transgressão Não-Intencional

Inconsistency: 0.00000		
Planejame~		0.33333
Pouca Exp~		0.66667

Fonte: Os autores

Para os pesos considerados no "Critério: Transgressão Intencional", o *Software* normalizou a escala de prioridade entre os nós do *cluster*: Excesso de confiança, Não seguir o procedimento e Pressa. Resultando nos valores dispostos na Figura 22.

Figura 22 – Normalização dos pesos - Nível 2 - Critério: Transgressão Intencional

Inconsistency: 0.00000		
Excesso_C~		0.50000
Não_Segui~		0.25000
Pressa		0.25000

Fonte: Os autores

O nível 3: "Sub-Critérios", é constituído por quatro *clusters*, cada um dos nós presentes nos *clusters* se relaciona com as alternativas de solução do nível 4 -

Alternativas, portanto, as comparações deste nível relatam a priorização de cada um dos nós dos quatro *clusters* relacionado às soluções do nível 4, conforme segue:

O cansaço, sendo esta uma subclassificação de Deslizes, tem como principal solução a Aplicação da Metodologia STAR, que faz com que o operador/manutentor revise suas atividades antes e depois de realizá-las.

Figura 23 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Cansaço

Inconsistency: 0.01935		
A_Aplicar~		0.42183
A_Gestão ~		0.07904
A_Rev Pro~		0.04453
A_Supervi~		0.14422
A_Testes_O~		0.24994
A_Treinam~		0.06043

Fonte: Os autores

De semelhante modo às falhas causadas por cansaço, as falhas por estresse (Figura 24) também podem ser resolvidas com métodos que convidem o operador/manutentor a revisar sua atividade antes de realizá-la, como é o que ocorre ao aplicar a metodologia STAR e com o Teste operacional.

Figura 24 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Estresse

Inconsistency: 0.01935		
A_Aplicar~		0.42183
A_Gestão ~		0.07904
A_Rev Pro~		0.04453
A_Supervi~		0.14422
A_Testes_O~		0.24994
A_Treinam~		0.06043

Fonte: Os autores

Como afirma Pallerosi (2007), enganos e análises inadequadas de tarefa acontecem principalmente devido a falta de treinamentos, treinamentos não efetivos ou não revisados regularmente. A Figura 25 reflete diretamente esta afirmação, classificando como ação primordial o Treinamento para mitigar falhas deste tipo.

Figura 25 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Análise Inadequada

Inconsistency: 0.08011		
A_Aplicar~		0.04308
A_Gestão ~		0.10502
A_Rev Pro~		0.13453
A_Supervi~		0.09112
A_Testes_O~		0.26062
A_Treinam~		0.36564

Fonte: Os autores

Enganos causados por problemas na Sinalização indicam que algum procedimento precisa ser revisto e/ou que a gestão visual do local precisa ser revista (CERA, 2016). Isto foi demonstrado nos pesos elevados para estas duas alternativas, conforme Figura 26.

Figura 26 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Sinalização

Inconsistency: 0.05649		
A_Aplicar~		0.05334
A_Gestão ~		0.29386
A_Rev Pro~		0.36440
A_Supervi~		0.08282
A_Testes_O~		0.04744
A_Treinam~		0.15814

Fonte: Os autores

Falhas causadas por planejamento muitas vezes tem relação com a interrupção da atividade devido ao esquecimento de uma ferramenta, ou até mesmo casos de manutenções sendo realizadas em equipamentos errôneos. Conforme a Figura 27, uma boa alternativa para evitar este tipo de falha é o Teste operacional, pois o operador precisa revisar cada um dos passos que executará e garantir que todos os recursos necessários estão disponíveis.

Figura 27 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Planejamento

Inconsistency: 0.08203		
A_Aplicar~		0.11396
A_Gestão ~		0.04187
A_Rev Pro~		0.04341
A_Supervi~		0.02826
A_Testes_O~		0.44590
A_Treinam~		0.32659

Fonte: Os autores

Notoriamente, falhas causadas por Pouca experiência (Figura 28) são atenuadas com treinamento. Outra saída viável é a Supervisão, onde um trabalhador com mais experiência ou maior nível na organização se torna corresponsável pela atividade, garantindo que antes de sua execução mais de uma pessoa autorize a ação, o que pode evitar muitas falhas.

Figura 28 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Pouca Experiência

Inconsistency: 0.03898		
A_Aplicar~		0.06508
A_Gestão ~		0.12993
A_Rev Pro~		0.02870
A_Supervi~		0.29703
A_Testes_O~		0.05600
A_Treinam~		0.42326

Fonte: Os autores

Transgressões Intencionais causadas por excesso de confiança precisam ser reprovadas e reforçadas durante treinamentos, mas buscando maneiras mais rápidas e confiáveis para reduzir a ocorrência de falhas deste tipo, a melhor maneira seria com o acompanhamento de um supervisor, como mostra a Figura 29.

Figura 29 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Excesso de confiança

Inconsistency: 0.04690		
A_Aplicar~		0.04444
A_Gestão ~		0.03588
A_Rev Pro~		0.09036
A_Supervi~		0.44566
A_Testes_O~		0.11990
A_Treinam~		0.26376

Fonte: Os autores

Semelhantemente, transgressões Intencionais causadas por não seguir o procedimento podem ser resolvidas somando o acompanhamento de um supervisor ao treinamento, conforme Figura 30.

Figura 30 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Não seguir o procedimento

Inconsistency: 0.05446		
A_Aplicar~		0.13147
A_Gestão ~		0.06444
A_Rev Pro~		0.03245
A_Supervi~		0.43296
A_Testes_O~		0.04685
A_Treinam~		0.29183

Fonte: Os autores

Para mitigar falhas causadas por Pressa, a aplicação de treinamentos concomitantemente com a introdução da metodologia STAR pode trazer bons resultados, conforme aponta a Figura 31.

Figura 31 – Normalização dos pesos - Nível 3 Sub-Critério: Pressa

Inconsistency: 0.07810		
A_Aplicar~		0.32108
A_Gestão ~		0.03618
A_Rev Pro~		0.06745
A_Supervi~		0.19544
A_Testes_O~		0.09607
A_Treinam~		0.28378

Fonte: Os autores

Conforme recomenda Creative Decisions Foundation (2018a), em cada uma das comparações apresentadas, buscou-se garantir que a inconsistência da análise se mantivesse abaixo de 0,1 (ou 10%). Com este nível de inconsistência é possível garantir que a análise tem fundamentos e que seus cálculos realmente se relacionam com o problema apresentado de maneira lógica.

4.3 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

Após definidos todos os elementos do método de aplicação da rede ANP, ou seja: níveis, *clusters*, nós e conexões e também delineados os critérios para definição dos pesos de cada uma das comparações *pairwise*, foi possível construir o modelo no *software SuperDecisions* e retirar dele informações sobre quais métodos trarão melhores efeitos para a melhoria da performance humana. Estes resultados estão dispostos no Capítulo 5.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste capítulo serão apresentados os resultados das análises realizadas com o método ANP, priorizando as ações que trariam mais resultados para o desenvolvimento da performance humana nesta aplicação específica.

O capítulo será dividido da seguinte maneira: primeiramente serão apresentados os resultados gerais e, em seguida, outras alternativas para a aplicação, depois de mitigada a causa raiz da maioria dos casos de falha: análise inadequada.

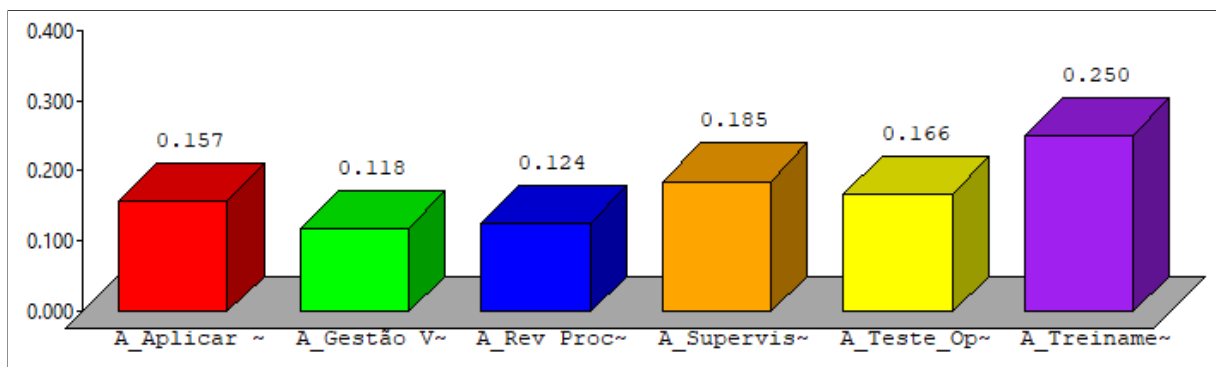
5.1 ANÁLISE DO RESULTADO GERAL

Após realizadas todas as ponderações dispostas no Capítulo 3, o *Software Superdecisions* calcula e determina quais seriam as melhores alternativas de solução que trariam resultados efetivos, visando o progresso do objetivo da rede.

Essa definição pode ser observada na Figura 32, que demonstra que, por meio do Treinamento e com Supervisão em segundo plano, seria possível alcançar um ótimo desenvolvimento da performance humana aplicada em operação e manutenção de usinas.

É interessante ressaltar que as entradas de dados utilizadas para essa análise apontavam uma clara concentração de falhas relacionadas a Análise Inadequada da tarefa. Isso tornou o resultado geral muito voltado à resolução do problema – o que é muito plausível, pois, se este é um dos maiores causadores de falhas humanas, deve ser o primeiro a ser priorizado para melhoria geral da performance humana.

Figura 32 – Proposta de solução geral



Fonte: Os autores

O *software* proporciona um tipo de análise de sensibilidade de cada um dos nós, que viabiliza outras análises condicionadas; isto será descrito na Seção 5.2.

5.2 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DOS NÓS

De acordo com os pesos dados nas análises em pares (*pairwise*), são definidos quais dos critérios têm maior nível de importância. Esses pesos são considerados nas relações entre critérios e subcritérios, e também em relação às alternativas de solução. Isso torna a análise totalmente personalizada para a situação em que foi avaliada, mas também a torna estática, pois o procedimento de alteração dos pesos envolve um grande número de comparações em pares, impossibilitando análises dinâmicas.

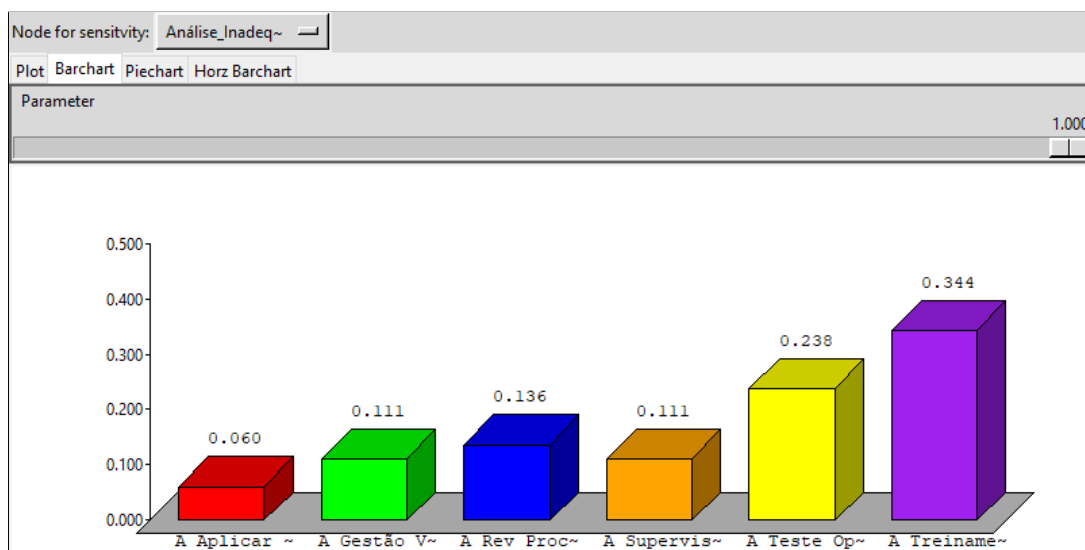
Porém, o *software* traz uma solução para esse processo, chamada de Análise de sensibilidade dos nós. Esta análise é bastante útil em algumas situações, por exemplo: deseja-se analisar qual seria a próxima alternativa a ser atacada após a solução de um modo de falha (sub-critério), ou também se deseja verificar qual a melhor solução para um determinado modo de falha, considerando suas interações com as outras conexões da rede.

As próximas seções trarão exemplos de aplicações da análise de sensibilidade.

5.2.1 Sensibilidade máxima do nó Análise Inadequada

No caso em que este método foi aplicado, a maioria das falhas estava relacionada à análise inadequada da tarefa. Já está determinado, como visto na Figura 25, que a melhor ferramenta para solução da falha seria o treinamento; porém, deseja-se verificar como está essa proporção considerando as interações do modo de falha com os outros nós da rede. Isso pode ser realizado por meio da ferramenta de análise de sensibilidade do *software*, aumentando a sensibilidade do nó "Análise Inadequada da tarefa" até o nível 1; o resultado é mostrado na Figura 33. Como pode ser notado na figura, o treinamento fica ainda mais evidente como solução para este tema, porque as outras interações deste nó também se referem a situações cuja correta aplicação de treinamento traria resultados positivos.

Figura 33 – Sensibilidade máxima do nó Análise Inadequada



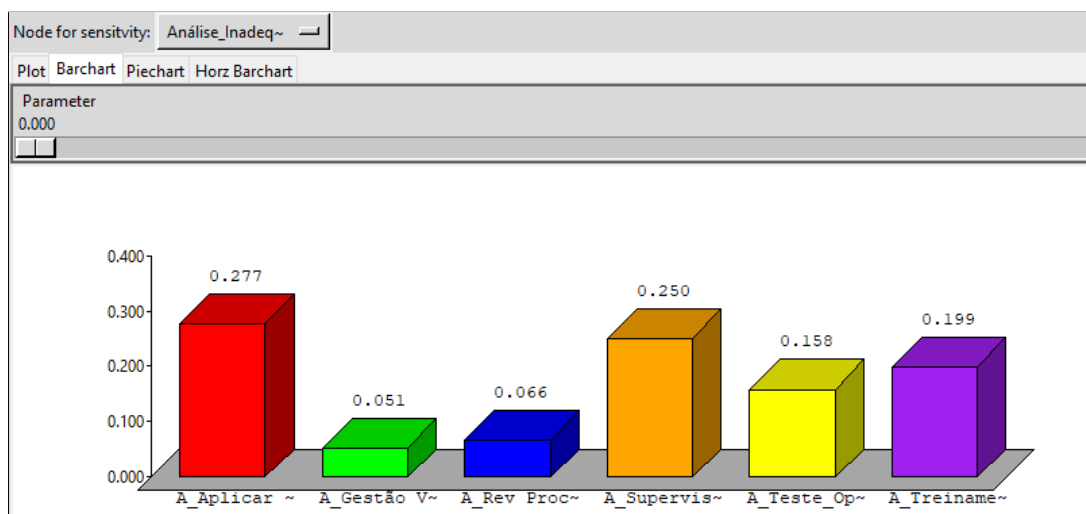
Fonte: Os autores

5.2.2 Sensibilidade mínima do nó Análise Inadequada

Outra aplicação possível para esta ferramenta de análise seria a seguinte: após a aplicação das devidas ações para evitar falhas por análise inadequada, averiguou-se que este modo de falha já não é mais prioridade, por ter sido contornado, e, então, deseja-se determinar qual é a próxima ferramenta a ser utilizada para melhoria da performance humana. Para isso, a sensibilidade do nó precisa ser a mínima disponível; assim, é possível analisar as consequências da resolução deste modo de falha com todas as suas inter relações na rede, conforme mostra a Figura 34.

Por meio desta análise é possível concluir que as próximas atividades a serem priorizadas são primeiramente a aplicação da metodologia STAR e a revisão de procedimento.

Figura 34 – Sensibilidade mínima do nó Análise Inadequada

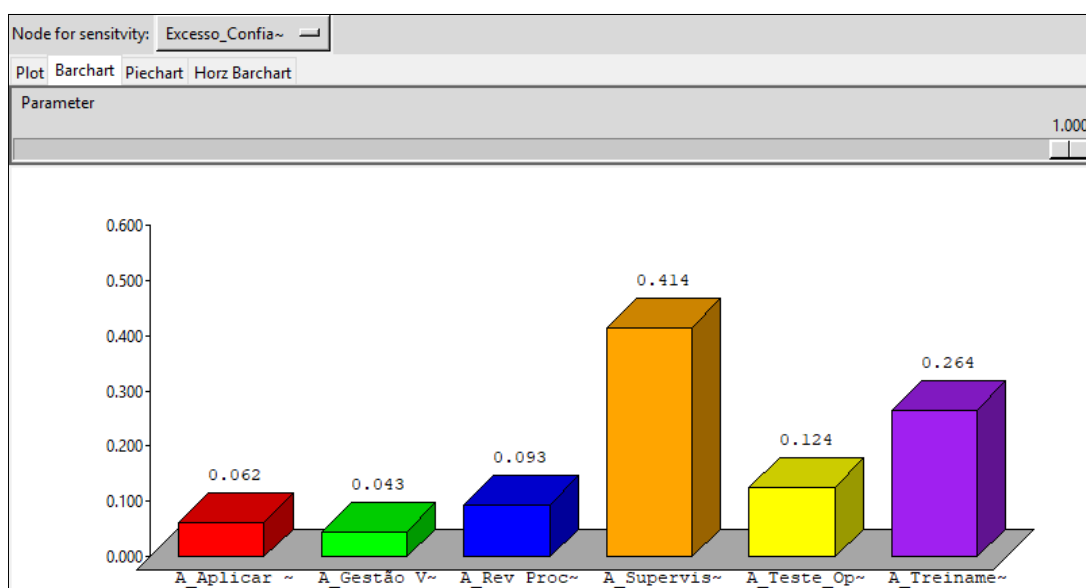


Fonte: Os autores

5.2.3 Sensibilidade máxima do nó Excesso de confiança

Também é possível aplicar a análise de sensibilidade dos nós quando se deseja extrapolar a importância de um nó em relação aos outros. Por exemplo: segundo nó com maior número de recorrências após Análise Inadequada da tarefa é Excesso de Confiança. Então, extrapolando a sensibilidade desse nó até o máximo valor possível, o resultado foi a Figura 35, que demonstra que a Supervisão seria uma ótima ferramenta para solucionar este tipo de falha.

Figura 35 – Sensibilidade máxima do nó Excesso de confiança

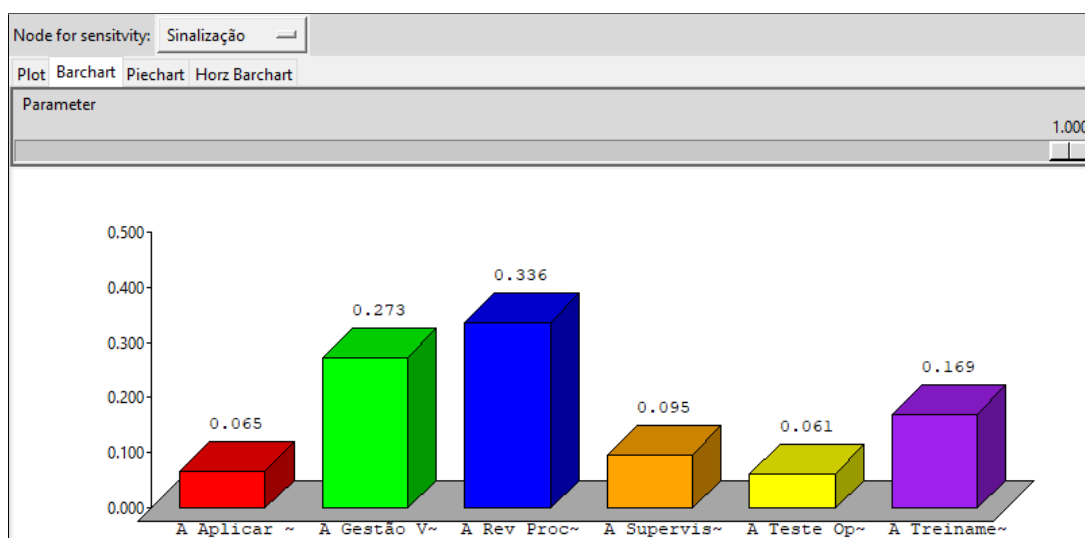


Fonte: Os autores

5.2.4 Sensibilidade máxima do nó Sinalização

Outro exemplo de aplicação desta ferramenta é a maximização da sensibilidade de um nó que não teve uma importância tão grande no momento de construção do modelo, devido à sua frequência de ocorrências, mas que se pretende verificar qual seria a configuração da solução geral considerando o peso deste nó maior, como é o caso de falhas causadas por Sinalização, disposto na Figura 36.

Figura 36 – Sensibilidade máxima do nó Sinalização

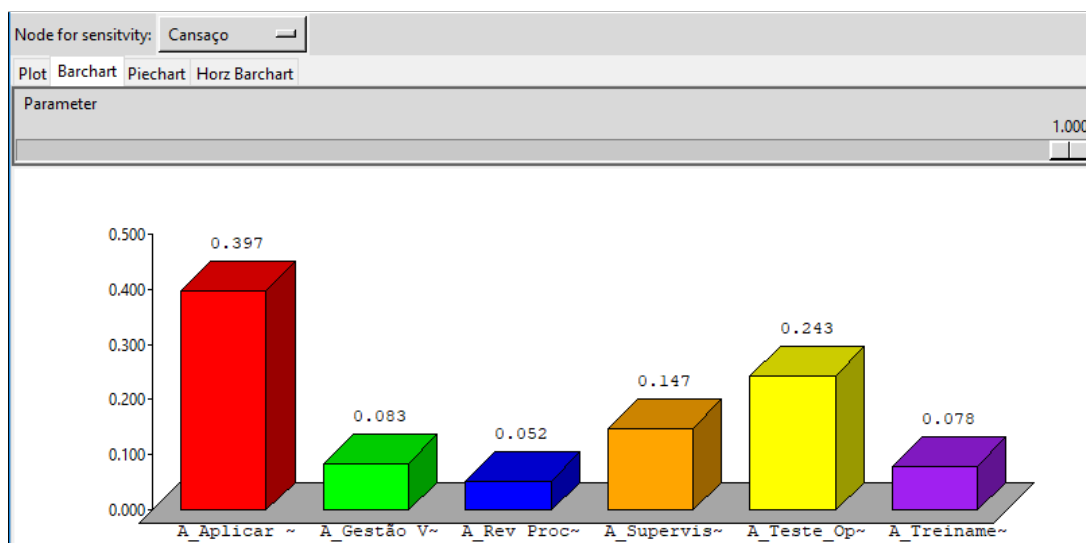


Fonte: Os autores

5.2.5 Sensibilidade máxima do nó Cansaço

Aplicando a análise de sensibilidade ao nó Cansaço, verifica-se que, embora apresente apenas uma falha ocorrida por esse motivo no banco de dados, as duas técnicas mais eficazes a serem aplicadas seriam a Metodologia STAR e, em seguida, Teste Operacional, conforme ilustrado na Figura 37.

Figura 37 – Sensibilidade máxima do nó Cansaço

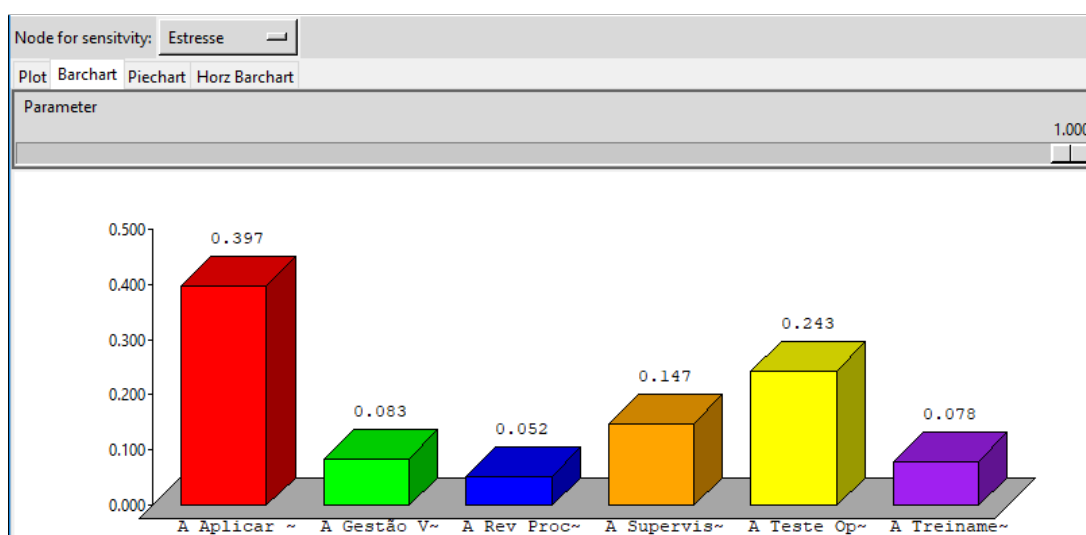


Fonte: Os autores

5.2.6 Sensibilidade máxima do nó Estresse

Assim como no caso da análise de sensibilidade do nó Cansaço, na Figura 38, é possível notar que as duas principais técnicas para se combater falhas por Estresse são a aplicação da Metodologia STAR e o Teste Operacional; isso é condizente com o que foi demonstrado na análise de normalização dos pesos na Seção 4.2.

Figura 38 – Sensibilidade máxima do nó Estresse

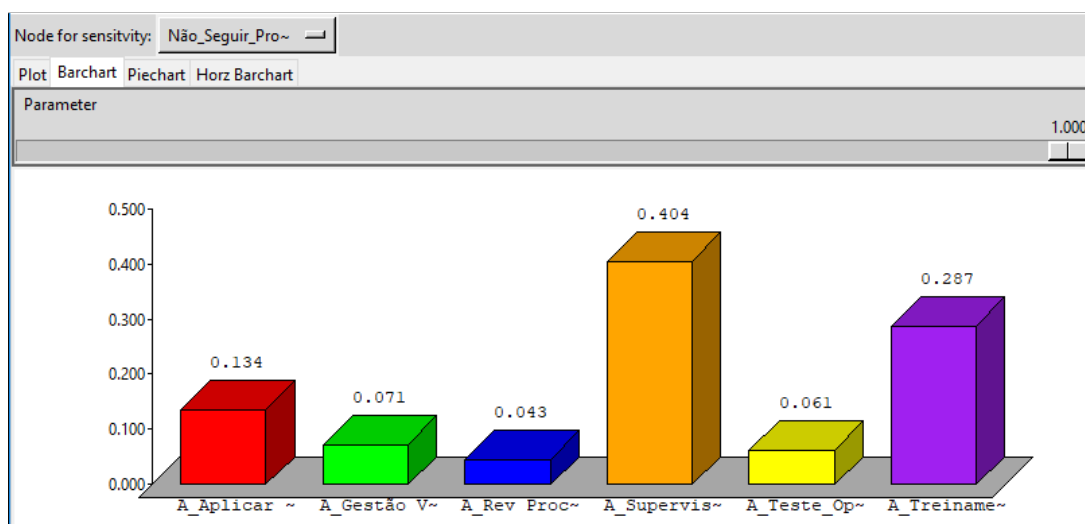


Fonte: Os autores

5.3 Sensibilidade máxima do nó Não Seguir Procedimento

Já para o caso de falhas causadas por transgressão intencional, classificadas por Não Seguir Procedimento, a análise de sensibilidade informada pela Figura 39 deixa claro que a técnica mais adequada é o *Observation/Supervisor* e, em seguida, Treinamentos.

Figura 39 – Sensibilidade máxima do nó Não seguir o procedimento

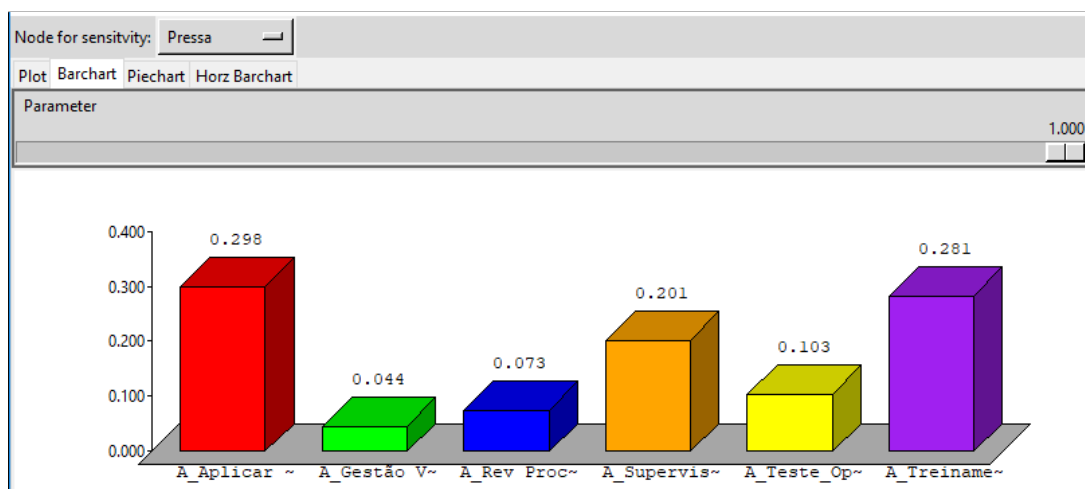


Fonte: Os autores

5.3.1 Sensibilidade máxima do nó Pressa

Na Figura 40, pode ser reparado que, ao deixar a sensibilidade do nó Pressa no máximo, existem três técnicas com um nível muito próximo de prioridade: primeiramente a aplicação da Metodologia STAR; em seguida o Treinamento, e; finalmente, *Obsevation/Supervisão*.

Figura 40 – Sensibilidade máxima do nó Pressa

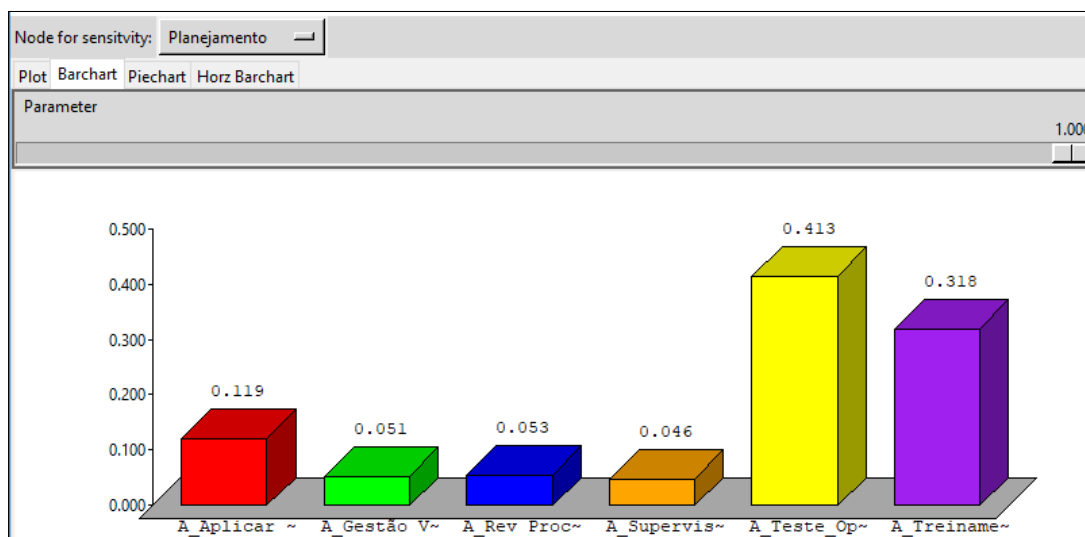


Fonte: Os autores

5.3.2 Sensibilidade máxima do nó Planejamento

De forma mais discrepante, a sensibilidade máxima do nó Planejamento resulta em um grande nível de priorização para as alternativas Teste Operacional e Treinamento, conforme indicado na Figura 41, pois a técnica Teste Operacional consiste numa estrutura voltada para melhoria do planejamento.

Figura 41 – Sensibilidade máxima do nó Planejamento



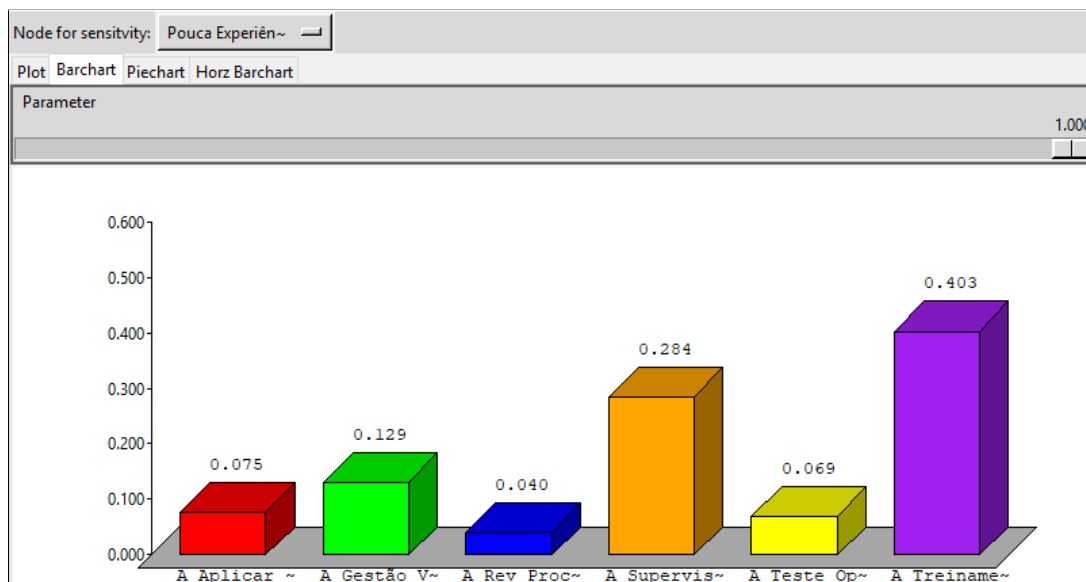
Fonte: Os autores

5.3.3 Sensibilidade máxima do nó Pouca Experiência

Por fim, a Figura 42 mostra que, para a prevenção de falhas do tipo transgressão não intencional representadas pelo nó Pouca Experiência, pode ser utilizada a alternativa Treinamento – o que é bem coerente –, e também a técnica *Observation/Supervisão*,

que tem características de fortalecimento da perícia dos operadores/manutentores por meio de *feedbacks*.

Figura 42 – Sensibilidade máxima do nó Pouca Experiência



Fonte: Os autores

5.4 CONCLUSÃO DO CAPÍTULO

A ferramenta *Superdecisions* é abundantemente versátil, podendo ser utilizada para diversas análises sem necessidade de grandes alterações. Isso torna a ferramenta muito útil do ponto de vista de gestão, pois, uma vez que o sistema está modelado, chegar a novas conclusões é muito rápido e tem alto nível de praticidade.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em relação aos objetivos específicos, destaca-se que, com o auxílio da revisão teórica sobre confiabilidade humana, foi possível categorizar os tipos mais comuns de falha humana presentes nas funções de operação e manutenção em empresas do setor elétrico. Com essa classificação definida, somada à vasta explanação de técnicas de prevenção do erro humano e consequente melhora da performance, foi usada a ferramenta ANP no *software SuperDecisions* como método de auxílio à tomada de decisão a fim de determinar quais seriam os melhores recursos a serem priorizados para alcançar o objetivo de melhora da performance humana.

Esta aplicação de ferramenta de auxílio à tomada de decisão foi necessária porque, apesar de existirem muitas técnicas e metodologias disponíveis a este fim, como foi descrito na Seção 2.5, cada um dos métodos expostos é voltado a um tipo específico de falha humana, sendo inócua a sua aplicação em outro contexto.

De posse dos dados da empresa, o sistema inteiro foi modelado no *software SuperDecisions* nos moldes de uma rede ANP, cuja função é quantificar a incerteza relacionada ao sistema e guiar a tomada de decisão. Ferramentas voltadas a tratar incertezas são ótimas aliadas na abordagem de temas que envolvem seres humanos, porque conseguem aliar percepções experienciadas (dados empíricos) a dados científicos comprovados. Esta característica ressalta ainda mais o nível de personalização que a análise é capaz de entregar, pois os dados experienciados provêm justamente da singularidade da empresa/aplicação.

Mediante a utilização da rede ANP, foi possível constatar que, para a empresa analisada, a melhor metodologia para melhora da performance humana a ser aplicada é o treinamento. Este resultado faz sentido, porque, assim como mostrado no Quadro 6, 50% das falhas foram causadas por enganos e, de acordo com Pallerosi (2007), a maior causa de enganos é a falta de treinamento, ou treinamento não adequado.

Outro resultado importante do trabalho é a ferramenta de análises dinâmicas do sistema, que altera os pesos dos nós de maneira ágil, por meio da análise de sensibilidade dos nós (Seção 5.2). Esse recurso do *software* possibilita a aplicação contínua da ferramenta mesmo depois da mudança do cenário inicial, pois, após mitigadas as falhas causadas por análise inadequada, é possível diminuir a sensibilidade (leia-se "importância") de um nó em face dos outros e, assim, determinar qual a próxima metodologia a ser aplicada; assim, o *software SuperDecisions* é transformado em uma ferramenta aplicável para a melhoria contínua do sistema.

6.1 TRABALHOS FUTUROS

Para aprimorar e desenvolver mais profundamente esta pesquisa, a utilização de outros *softwares* de auxílio à tomada de decisão poderiam trazer ótimos resultados, como é o caso dos *softwares Promethee e TOPSIS*, que poderiam ser aplicados ao sistema considerado a fim de determinar e quantificar quais são os itens mais críticos a serem tratados e quais os efeitos esperados das ações propostas.

Outra possibilidade de desenvolvimento seria a aplicação da metodologia de tomada de decisão abordada neste trabalho a mais empresas do setor elétrico, para estabelecer sua eficiência e versatilidade estatisticamente.

Referências

- AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. **Regulação dos Serviços de Geração**. 2017. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/geracao3>>. Acesso em: 16 de novembro de 2017. Citado na página 14.
- ALBUQUERQUE, P. H. M.; ANDRADE, T. W. **Tomada de Decisão Usando o Analytic Hierachy Process (AHP) para a Seleção de um Curso para Concurso Público**. Rio de Janeiro: [s.n.], 2012. Citado na página 36.
- ANEEL. **Informações Técnicas**. [S.l.: s.n.], 2016. Citado na página 34.
- BARROS, M. S.; SOUZA, D. O.; MARINS, C. S. **O Uso do Método de Análise Hierárquica (AHP) na Tomada de Decisões Gerenciais: Um estudo de caso**. [S.l.]: XLI SBPO, 2009. Citado na página 36.
- BRASIL. **Boletim Mensal de Monitoramento do Sistema Elétrico - Agosto/2017**. 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/energia-eletrica/publicacoes/boletim-de-monitoramento-do-sistema-eletrico/boletins-2017>>. Acesso em: 25 de outubro de 2017. Citado na página 13.
- CERA, L. **A importância de ser Visual**. 2016. Disponível em: <<https://br.kaizen.com/blog/post/2016/09/28/a-importancia-de-ser-visual.html>>. Acesso em: 12 de maio de 2018. Citado 2 vezes nas páginas 29 e 56.
- COYLE, T. **Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems**. New York: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2007. Citado na página 32.
- CREATIVE DECISIONS FOUNDATION. **Decision Making in Complex Environments: The analytic network process (anp) for dependence and feedback**. 2018. 40 p. Disponível em: <https://superdecisions.com/sd_resources/v28_man02.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2018. Citado 4 vezes nas páginas 37, 38, 39 e 58.
- CREATIVE DECISIONS FOUNDATION. **Tutorial on Hierarchical Decision Models (AHP)**. 2018. 40 p. Disponível em: <https://superdecisions.com/sd_resources/v28_man03.pdf>. Acesso em: 12 de abril de 2018. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 39.
- ENERGISA. **Engenharia de Operação e Manutenção de Usinas**. [s.n.], 2018. Disponível em: <<http://solucoes.grupoenergisa.com.br>>. Citado na página 34.
- FERRAZ, F. T.; SICILIANO, R. S. **Análise da Confiabilidade Humana Requer Maturidade Organizacional na Escolha da Ferramenta**. São Carlos: [s.n.], 2010. Citado na página 35.
- FILGUEIRAS, L. V. L. **APIS: Método para desenvolvimento de interfaces homem-computador em sistemas de segurança visando À confiabilidade humana**. Maringá: Anais do I Workshop sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, 1998. Citado na página 19.
- FILHO, J. C. B. **A Process Aware FMEA for Failure Analysis in Maintenance Integrating AHP and DELPHI Methodology**. [S.l.]: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 42.

HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **Leadership and Worker Involvement Toolkit: understanding human failure**. 2012. 3 p. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk/construction/lwit/assets/downloads/human-failure.pdf>>. Acesso em: 14 de agosto de 2017. Citado 2 vezes nas páginas 21 e 22.

INMAN, A. **Poka-yoke**. Knoxville: [s.n.], 2017. Disponível em: <<http://www.referenceforbusiness.com/management/Or-Pr/Poka-Yoke.html>>. Acesso em: 15 de novembro de 2017. Citado 2 vezes nas páginas 30 e 31.

INSTITUTO KAIZEN. **Kaizen**. 2018. Disponível em: <<https://br.kaizen.com>>. Acesso em: 25 de abril de 2018. Citado na página 43.

LAMATA, M. T. *an alternative solution to the analytic hierarchy process*. **International Journal of Intelligent Systems**, v. 21, p. 425–441, 2006. Citado na página 44.

LOURES, E. de F. R. **Decision Making Methods in: Interoperability Assessment Other related domains**. [S.l.: s.n.], 2018. Acesso em: 15 de maio de 2018. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 40.

MATIAS, I. M. **Procedimento Operacional Padrão da Atenção Básica**. [s.n.], 2013. Disponível em: <<http://psfonline.alfenas.mg.gov.br/anexos/popatencaoprimaria.pdf>>. Acesso em: 15 de maio de 2018. Citado na página 33.

MEDEIROS, T. B. **POP - Procedimento Operacional Padrão: Um Exemplo Prático**. [s.n.], 2010. Disponível em: <<https://cepein.femanet.com.br/BDigital/arqTccs/0911260985.pdf>>. Acesso em: 16 de maio de 2018. Citado na página 33.

MORAES, G. **Sistema de Gestão de Riscos**: Estudos de análises de riscos "offshore" e "onshore". Rio de Janeiro: Gerenciamento Verde Consultoria, 2013. v. 2. Citado 2 vezes nas páginas 26 e 27.

NEVES, B. P. das. **Impacto da Manutenção de moldes sobre o resultado dos negócios**. 2017. Disponível em: <<http://www.revistaferramental.com.br/pt/artigos/impacto-da-manutencao-de-moldes-sobre-o-resultado-dos-negocios/57>>. Acesso em: 12 de setembro de 2017. Citado 2 vezes nas páginas 20 e 21.

PALLEROSI, C. A. **Confiabilidade, A Quarta Dimensão da Qualidade**. [S.l.]: Relia-Soft Brasil, 2007. Citado 6 vezes nas páginas 14, 32, 33, 42, 55 e 68.

PALLEROSI, C. A. **Confiabilidade Humana**: Nova metodologia de análise qualitativa e quantitativa. Florianópolis: SIC - Simpósio Internacional de Confiabilidade, 2008. Citado 5 vezes nas páginas 19, 20, 23, 26 e 42.

PEDRASSANI, E. L. **Método para registro, análise e controle de Falhas Humanas na Manutenção de Centrais Hidrelétricas**. [S.l.]: Universidade Federal de Santa Catarina, 2000. Citado na página 43.

PEGORIN, F.; NOGUEIRA, P. Falha nossa: Falha humana. **Revista Galileu**, n. 194, 2007. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Galileu/0,EDG78706-7855-194-2,00-FALHA+NOSSA.html>>. Citado na página 14.

RODRIGUES, M. **Banco de Dados de Falhas Humanas de empresa geradora de energia elétrica do Brasil**: Referente ao período de 2010 a 2016. [S.l.], 2018. Citado 7 vezes nas páginas 15, 18, 40, 41, 50, 51 e 52.

ROGERS, L. **Maintenance Work Package Planning Guidance for Fossil Power Plant Personnel**. Knoxville: [s.n.], 2006. Citado 3 vezes nas páginas 27, 28 e 30.

ROGERS, L. **Human Performance**: Fossil operations. California: [s.n.], 2007. Citado 2 vezes nas páginas 31 e 43.

SAATY, T. L. **The analytic hierarchy process**. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1980. Citado 5 vezes nas páginas 36, 37, 45, 46 e 48.

SANTOS, J. P. dos. **Avaliação da Confiabilidade Humana**. O setor elétrico, 2013. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/avaliacao-da-confiabilidade-humana/>>. Acesso em: 12 de setembro de 2017. Citado na página 14.

SANTOS, V. M. dos. **Gestão Visual**: Como aproveitar dessa técnica lean? 2017. Disponível em: <<https://www.fm2s.com.br/gestao-visual-lean/>>. Acesso em: 12 de maio de 2018. Citado na página 28.

SAURIN, T. A.; GRANDO, M. L.; COSTELLA, M. F. **Método para classificação de tipos de erros humanos**: estudo de caso em acidentes em canteiros de obras. [S.l.: s.n.], 2012. v. 22. 259–269 p. Citado 2 vezes nas páginas 23 e 24.

SILMAR, E. e. F. **Painel para Ferramentas Convencionais**. [s.n.], 2018. Disponível em: <http://silmarferramentas.com.br/produtos_descricao.asp?codigo_produto=304750>. Acesso em: 20 de maio de 2018. Citado na página 29.

SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. [S.l.], 2005. Citado na página 17.

SILVA, S. E. L. e. **Falha Humana em Operação e Manutenção de Subestações**: proposta metodológica. [S.l.]: XVII SENDI - Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica, 2006. v. 1. 1–12 p. Citado 4 vezes nas páginas 16, 34, 35 e 45.

SOUZA, R. Q. **Metodologia e Desenvolvimento de um Sistema de Manutenção Preditiva Visando à Melhoria da Confiabilidade de Ativos de Usinas Hidrelétricas**. Brasília: UnB - Universidade de Brasília, 2008. Citado na página 36.

VARGAS, R. **Utilizando a Programação Multicritério (AHP) para Selecionar e Priorizar Projetos na Gestão de Portfólio**. [s.n.], 2010. Disponível em: <<https://ricardo-vargas.com/pt/articles/analytic-hierarchy-process/>>. Acesso em: 10 de novembro de 2017. Citado na página 36.

XAVIER, J. N. **Indicadores de Manutenção**. UFRN, 2013. Disponível em: <<http://www.dee.ufrn.br/~joao/manut/1520-20CapEDtulo2013.pdf>>. Citado na página 35.

ANEXO A – Banco de Dados de Falhas Humanas

RODRIGUES, M. **Banco de Dados de Falhas Humanas de empresa geradora de energia elétrica do Brasil**: Referente ao período de 2010 a 2016.

Nº	Descrição	Categoria
1	<p>Por atuação da proteção REV 4H acumulador ar/óleo pressão mínima e conseqüente bloqueio mecânico 86M. Falha causada pela retirada e inserção indevida do relé XPAP, causando desligamento do disjuntor de 2A que alimenta todo o painel Hydroart do RHV. Operador não seguiu procedimentos operacionais.</p>	Excesso de confiança
2	<p>Atuação do bloqueio mecânico (86M) através da proteção 86BK1 - Freios Aplicação Acidental. Em verificação local, após inspeção de todos os fins de curso, constatou-se que o fim de curso do macaco nº 14, estava desconectado, e preso na tubulação de óleo do mesmo. O rolete de acionamento havia sido fixado por fita isolante; e provavelmente por aquecimento e presença de óleo no local, a fita cedeu, fazendo o rolete avançar para posição de freio aplicado, gerando a ocorrência. O macaco 14 havia sido retirado de operação para manutenção, pois estava ocorrendo grande perda de ar, sendo daí necessário a inibição do referido fim de curso.</p>	Análise inadequada da tarefa
3	<p>Devido à programação de limpeza do canal de adução e tomada d'água, a UG3 estava operando como compensador síncrono e bloqueada para operação como gerador.</p> <p>O ONS solicitou a UG2 para operação como gerador, mas houve comando indevido de reversão na UG3 por parte do operador do COGT, com conseqüente atuação da proteção "palhetas fechadas e não depressão de água" e bloqueio mecânico 86M.</p>	Cansaço
4	<p style="text-align: center;">Atuação indesejada da função 81B .</p>	Excesso de confiança, pressa, análise inadequada
5	<p>Desarme simultâneo ao desligamento da LT SGD/ARE. Atuação das proteções 87NINST e 87NTEMP. A condição climática na ocorrência era de chuva, vendaval e raios. A linha de Segredo desligou atuando o relé diferencial da UG4 ocorrendo trip e permanecendo rodando a vazio desexcitada.</p>	Estresse, pouca experiência, análise inadequada

Nº	Descrição	Categoria
6	Durante a substituição do transformador (30/12/2015 a 17/01/2016) ficou uma atividade pendente de fechamento de uma chaparia do transformador elevador. Durante a atividade, houve pressionamento da fiação, causando mau contato, e desligamento acidental da unidade geradora. Causa Execução da Manutenção.	Análise inadequada da tarefa
7	Atuação do 50BF	Falha na análise, Planejamento
8	Atuação do 86M (Corda no disjuntor Hidroart)	Falta de experiência, análise inadequada
9	Desligamento da U3 (aquecimento disjuntor)	Análise inadequada, Sinalização
10	Acionamento incorreto do 81B	Não seguiu procedimento, análise inadequada