

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

**BRUNO EDUARDO BASCHTA
BRUNO RENNÓ FAGUNDES CUNHA**

**CONFIABILIDADE HUMANA: METODOLOGIA SHERPA APLICADA NO SETOR
DE MANUTENÇÃO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA**

CURITIBA

2022

**BRUNO EDUARDO BASCHTA
BRUNO RENNÓ FAGUNDES CUNHA**

**CONFIABILIDADE HUMANA: METODOLOGIA SHERPA APLICADA NO SETOR
DE MANUTENÇÃO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA**

**Human Reliability: SHERPA methodology applied in the maintenance sector of
a hydroelectric plant**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

**CURITIBA
2022**



Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**BRUNO EDUARDO BASCHTA
BRUNO RENNÓ FAGUNDES CUNHA**

**CONFIABILIDADE HUMANA: METODOLOGIA SHERPA APLICADA NO SETOR
DE MANUTENÇÃO DE UMA USINA HIDRELÉTRICA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica do Curso de Engenharia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

Data de aprovação: 23 de novembro de 2022

Marcelo Rodrigues
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Carlos Henrique Mariano
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Emerson Rigoni
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

**CURITIBA
2022**

Este trabalho é dedicado a nossas famílias e amigos pelo apoio, carinho e compreensão durante essa caminhada e aos mestres que tanto nos ensinaram e aconselharam.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho simboliza todo o esforço por anos despendidos em busca do título de engenheiro eletricista. Para que pudéssemos chegar a esta fase, diversas pessoas foram extremamente importantes.

Aos nossos pais, Cesar e Rosani, José Carlos e Marta, que não medem esforços para nos proporcionar a melhor educação, valores e estrutura possíveis.

Aos nossos irmãos, Lukas, Camila e Matheus, parceiros de caminhada e confidentes.

Aos amigos pela compreensão e por deixar a trajetória menos extenuante.

Ao Prof. Dr. Marcelo Rodrigues, que além de nosso orientador, se tornou um grande mestre e amigo, nos possibilitando escrever este trabalho com os melhores subsídios.

Por fim, a Universidade Tecnológica Federal do Paraná por nos proporcionar uma educação de excelência, mesmo em períodos de crises, pandemias e incertezas.

RESUMO

O Brasil é extremamente dependente da energia elétrica produzida em usinas hidrelétricas altamente automatizadas. Contudo, certas atividades são realizadas em campo pelos funcionários, principalmente na área de manutenção. Com isso passou-se a atentar para a confiabilidade humana desejando saber qual a probabilidade da ocorrência de erros em qualquer tarefa num período sob determinadas condições, visando agir de forma preditiva. Entre diversas metodologias que permitem o cálculo dos índices de confiabilidade humana, optou-se pelo auxílio da metodologia SHERPA aplicada em uma planilha, onde os dados são considerados e permitem a modelagem e a localização de pontos críticos, além da predição e mitigação de erros. O trabalho iniciou-se com a revisão bibliográfica e em seguida para a construção da ferramenta baseada na análise de tarefas quanto ao risco inerente a cada uma delas. Houve, após os testes iniciais, um aprimoramento que permitiu a aplicação *in loco* na área de manutenção de uma Usina Hidrelétrica. O *feedback* obtido referendou a ferramenta comprovando a sua conexão com a realidade e a fácil aplicação em campo. Esta é a primeira geração desenvolvida da aplicação, o que exige a praticidade, facilidade e confiabilidade da aplicação.

Palavras-chave: Hidroeletricidade; Manutenção; Confiabilidade Humana; Análise de Falhas; SHERPA.

ABSTRACT

Brazil is extremely dependent on the electrical energy produced in highly automated hydroelectric plants. However, certain activities are performed in the field by employees, especially in the maintenance area. As a result, we started to pay attention to human reliability, in order to know the probability of errors occurring in any task over a period of time under certain conditions, aiming to act predictively. Among several methodologies that allow the calculation of human reliability indices, we chose the SHERPA methodology applied in a spreadsheet, where data is considered and allows the modeling and location of critical points, and the prediction and mitigation of errors. The work began with a bibliographic review and then to the construction of the tool based on the analysis of tasks as to the risk inherent to each one of them. After the initial tests, there was an improvement that allowed the application *in loco* in the maintenance area of a Hydroelectric Power Plant. The feedback obtained referenced the tool, proving its connection with reality and the easy application in the field. This is the first generation developed of the application, which requires the practicality, ease and reliability of the application.

Keywords: Hydroelectricity; Maintenance; Human Reliability; Failure Analysis; SHERPA.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Dados da Matriz Elétrica Brasileira - Abril/2022.	12
Figura 2: Fluxograma da Metodologia de Pesquisa.	18
Figura 3: Gerações das metodologias de análise de confiabilidade humana.....	23
Figura 4: Fluxograma da metodologia SHERPA.	24
Figura 5: Exemplo de AHT.	25
Figura 6: Tabela de Análise do Índice de Classificação de Risco.	32
Figura 7: Avaliação da Tarefa 1.	40
Figura 8: Avaliação da Tarefa 2.	42
Figura 9: Avaliação da Tarefa 3.	44
Figura 10: Relatório Final.	45
Figura 11: Planilha de Cálculos.....	46
Figura 12: Questionário de Avaliação da Ferramenta.	48

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACH - Análise de Confiabilidade Humana

AHT - Análise Hierárquica da Tarefa

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

HRA - *Human Reliability Assessment*

ICR - Índice de Classificação de Risco

SHERPA - *Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach*

PT - Plano de Trabalho

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1 Tema	12
1.1.1 Delimitação do tema	13
1.2 Problema e premissas	14
1.3 Objetivos	14
1.3.1 Objetivo Geral	14
1.3.2 Objetivos Específicos	15
1.4 Justificativa	15
1.5 Metodologia de pesquisa	16
1.6 Estrutura do trabalho	18
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1 Metodologia e resultados	20
2.2 Síntese e conclusão do capítulo	21
3. REVISÃO DE CONHECIMENTOS	22
3.1 Confiabilidade Humana	22
3.1.1 Análise da Confiabilidade Humana	22
3.1.2 SHERPA.....	23
3.2 Síntese e conclusão do capítulo	27
4. DESENVOLVIMENTO DE ANÁLISE VIA METODOLOGIA SHERPA	28
4.1 Desenvolvimento da metodologia e da ferramenta	28
4.1.1 Hipótese	28
4.1.2 Desenvolvimento	28
4.1.3 Ferramenta de análise.....	31
4.1.4 Modelo adaptado SHERPA	33
4.1.5 Avaliação da ferramenta.....	37
4.2 Síntese e conclusão do capítulo	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	39
5.1. Dados obtidos <i>in loco</i>	39
5.2 Síntese e conclusão do capítulo	49
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
6.1. Sugestões de trabalhos futuros	50
REFERÊNCIAS	52

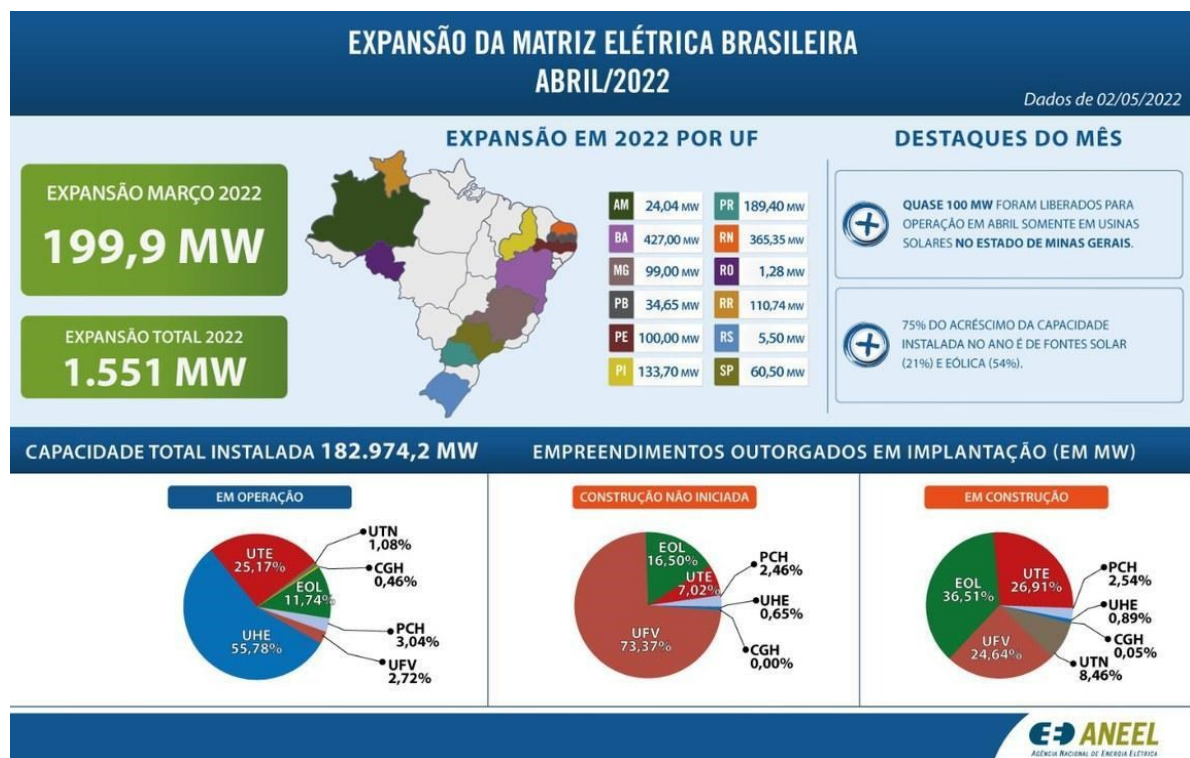
APÊNDICE A - Página inicial da ferramenta metodologia adaptada SHERPA...	55
APÊNDICE B - Questionário da metodologia adaptada SHERPA	57
APÊNDICE C - Exemplo de relatório final	59
APÊNDICE D - Questionário de avaliação da ferramenta	61

1. INTRODUÇÃO

1.1 Tema

O Brasil, graças as suas características geográficas, é extremamente dependente da energia elétrica produzida em usinas hidrelétricas. Segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2022), o Brasil possui uma capacidade total instalada e operante de 182.974,2 MW (Megawatts), sendo 55,78% oriundos de matrizes hidrelétricas (EPE, 2021). A figura 1 demonstra a expansão da matriz elétrica brasileira, bem como sua capacidade total e operante.

Figura 1: Dados da Matriz Elétrica Brasileira - Abril/2022.



Fonte: ANEEL (2022).¹

Devido a sua importância, as usinas hidrelétricas adquiriram um nível de automatização elevado (CAUS, MICHELS, 2014) buscando tornar o sistema elétrico brasileiro cada vez mais estável e seguro para seus usuários. Apesar de grande parte do controle ser feito a partir da Central de Controle, diversos comandos ainda são realizados *in loco* pelos funcionários de campo, como, por exemplo, as manutenções.

¹ Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/expansao-na-matriz-eletrica-foi-de-200-mw-em-abril-com-acrescimos-em-cinco-estados>

Com isso os responsáveis pelos sistemas elétricos passaram a atentar-se para a confiabilidade humana, definida como a área da ciência que tem por objetivo estudar as diversas variáveis relacionadas ao erro humano e como ele afeta nos resultados esperados da atividade analisada, sob os pontos de vista econômicos, de segurança e de qualidade (SILVA et al., 2017).

Com este avanço tecnológico os erros humanos definidos como a interrupção do funcionamento de um item ou capacidade de operação num padrão de desempenho previsto podem ser classificadas sob vários aspectos, tais como origem, extensão, velocidade, manifestação, criticidade ou idade, que passaram a representar uma grande parte dos incidentes registrados nos ambientes industriais do setor elétrico, já que operadores estão sujeitos a fadiga, alterações emocionais, limitações técnicas e cognitivas (CORREA, CARDOSO JUNIOR., 2007).

Desta forma faz-se necessário saber qual a probabilidade de funcionamento inserto de erros em qualquer tarefa num período sob determinadas condições, a chamada confiabilidade humana (NBR 5462:1994). Com esta quantificação os responsáveis podem atuar de forma preditiva, de modo a evitar ocorrências e minimizar eventuais danos.

1.1.1 Delimitação do tema

Em uma Usina Hidrelétrica, diversas atividades não são passíveis de automatização, devendo ser executadas por operadores em campo ou em salas de controle. Assim o mapeamento dos processos associado com a estimativa da confiabilidade humana de cada atividade é de suma importância na manutenção da qualidade da energia fornecida a cada consumidor.

A obtenção de índices de confiabilidade humana é possível nestes processos dando aos planejadores um recurso importante na prevenção de erros causados por atividades humanas.

Neste trabalho serão focadas as atividades de manutenção relacionadas às inspeções e ensaios, onde os índices poderão ser calculados com o auxílio da metodologia SHERPA (*Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach*), aplicada num questionário de entrevista em campo e uma planilha onde os dados serão inseridos e considerados.

Com o resultado, ou seja, a estimativa qualitativa da ocorrência de erros humanos em processos de manutenção de uma usina hidrelétrica, realiza-se a modelagem e criação de aplicações que facilitam a obtenção de índices de erros humanos para definir os pontos críticos no processo, além de prever os possíveis erros e viabilizar a sua mitigação.

1.2 Problema e premissas

Nos trabalhos de manutenção realizados, conforme as obrigações legais, as equipes responsáveis devem seguir rigorosamente as instruções disponibilizadas, seja pela concessionária responsável, no caso de inspeções de campo, seja pelo fabricante do equipamento, quando de consertos. Mesmo com esses documentos servindo como guias obrigatórios para os operadores em suas funções, erros causados por fatores humanos continuam acontecendo quando há um desvio ou desentendimento do procedimento padrão, ocorrendo de forma acidental ou proposital. Elas já causaram diversos danos no setor industrial, como, por exemplo, nas tragédias ocorridas no setor nuclear.

Na área da confiabilidade humana, a modelagem representa um acessório importante na análise de falhas. Com o tempo, foram desenvolvidas algumas metodologias de análise e predição definidas conjuntamente como HRA (*Human Reliability Assessment*) - Análise de Confiabilidade Humana.

Com estas ferramentas, analisam-se os cenários de entrada e de saída de cada processo, obtém-se valores e, a partir deles, encontram-se pontos de ação com base nos itens de maior criticidade e suas eventuais combinações.

Dessa forma, a pergunta que se faz é: é viável a aplicação destas metodologias em problemas reais dos processos de manutenção, obtendo dados úteis para a análise de erros humanos e sua eliminação ou mitigação?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

Aplicar um modelo baseado na metodologia SHERPA para análise da confiabilidade humana nos processos de manutenção de uma usina hidrelétrica.

1.3.2 Objetivos Específicos

Neste trabalho, com base na teoria aqui apresentada, tem-se os seguintes objetivos específicos:

- Analisar as atividades de manutenção da usina referente a ensaios e inspeções;
- Selecionar a atividade de manutenção que será estudada;
- Analisar a metodologia SHERPA;
- Elaborar um questionário para aplicação *in loco* da metodologia SHERPA;
- Elaborar uma ferramenta para cálculo do índice de classificação de riscos de acordo com as respostas dadas no questionário aplicado;
- Validar os resultados obtidos.

1.4 Justificativa

É impossível a eliminação completa dos erros humanos, porém deve ser necessário que se encontrem estratégias de mitigação dos erros ou da redução dos danos decorrentes (REASON, 2000).

Apesar da reconhecida importância na literatura especializada e nos artigos científicos da área da confiabilidade humana, ainda é pouco trabalhada a vertente quantitativa do erro humano. Conforme análise de bibliografia, apesar da realização de trabalhos voltados para confiabilidade humana em usinas hidrelétricas, é basicamente inexistente a aplicação com base na metodologia SHERPA. O estabelecimento de um modelo específico para cada caso é essencial, já que existem diversas particularidades que fazem com que modelos comercialmente disponíveis não sejam totalmente compatíveis.

Além disso, a aplicação da metodologia SHERPA para análise de confiabilidade humana permite que, com base em questionários aplicados nas equipes, se utilize uma ferramenta interativa para estimativa do risco presente na atividade analisada, gerando procedimentos, treinamentos e planos de ação mais condizentes com a realidade.

1.5 Metodologia de pesquisa

Esta pesquisa se caracteriza como uma pesquisa aplicada com caráter exploratório e descritivo, pois propõem a aplicação da metodologia SHERPA numa abordagem qualitativa na área da manutenção. Este tipo de abordagem é objetivo, baseado em dados e seus resultados são facilmente generalizáveis.

O procedimento técnico da pesquisa será majoritariamente composto de referências bibliográficas como artigos, livros e anais de seminários, associadas a pesquisas documentais. O estudo de dados brutos disponíveis traz instruções de trabalho e relatórios de manutenção.

A metodologia adotada resume-se em três etapas, sendo: planejamento, modelagem e obtenção, e análise de resultados. Na etapa de planejamento, os autores em conjunto com o professor orientador, definem o escopo do trabalho e em seguida a análise bibliográfica e documental é iniciada, além do estudo sobre métodos de análise de falhas. De imediato parte-se para a etapa de modelagem. Com o conjunto de falhas em mãos realiza-se sua análise e catalogação, aglutinando-as na forma mais apropriada possível. Então, a partir da catalogação, define-se quais métodos de análise de falhas são os mais apropriados e é iniciada a modelagem preliminar. Por fim, na análise de resultados, verifica-se o desempenho dos métodos escolhidos, realizando uma síntese e uma comparação dos resultados obtidos com os objetivos, confirmando se eles foram atingidos.

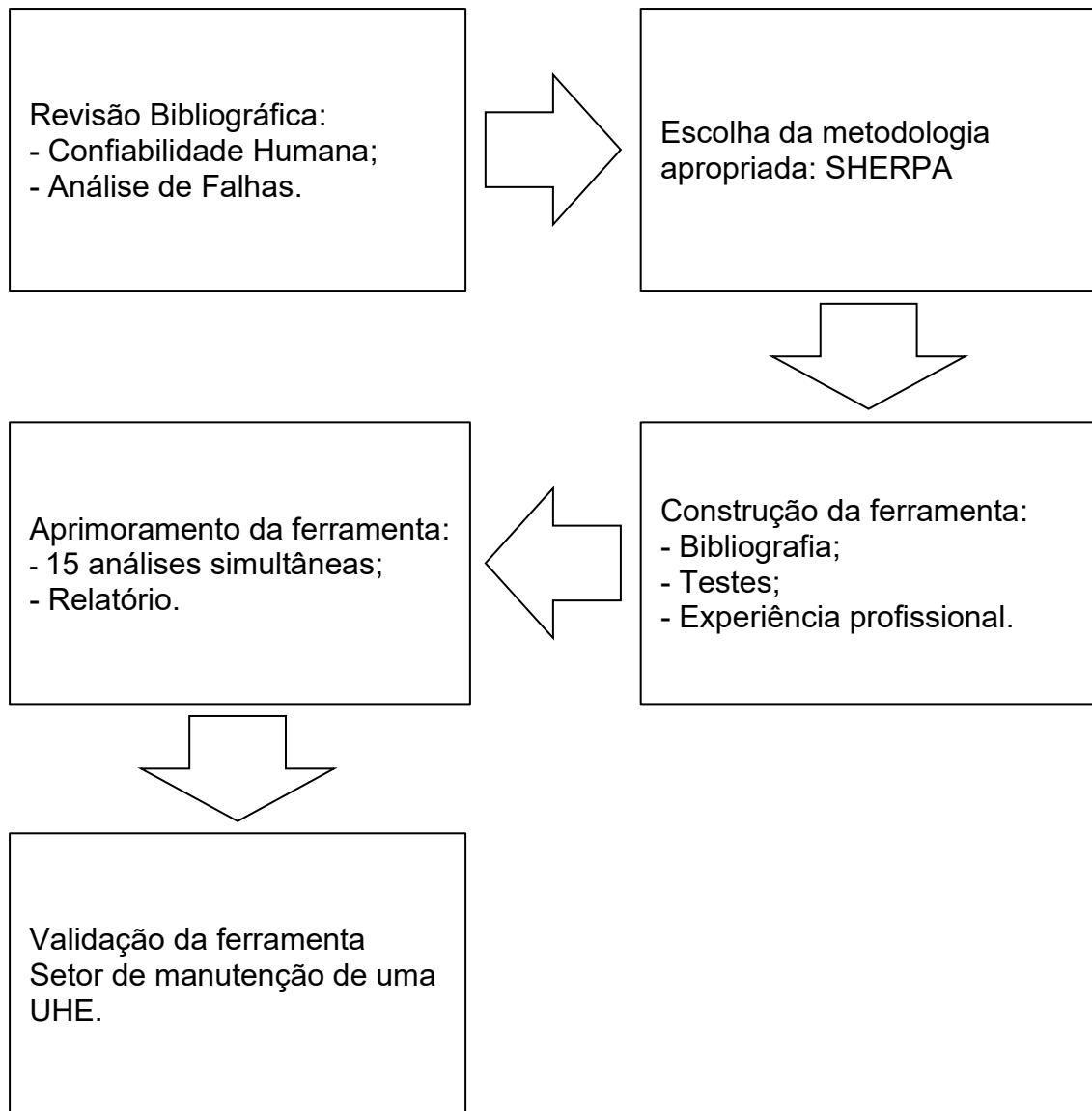
No primeiro semestre do ano de 2021 iniciou-se a revisão bibliográfica, realizando o levantamento teórico sobre Análise de Confiabilidade Humana, Análise de Falhas e diferentes metodologias de obtenção de índices. Esse trabalho foi feito com o objetivo principal de prover aos autores, conhecimento teórico suficiente para o desenvolvimento do projeto.

Em seguida foi feita a seleção da metodologia de análise de confiabilidade mais apropriado à realidade, gerando dados confiáveis e de forma a representar o ambiente analisado com a maior precisão possível. Desta forma a escolha dos autores foi a metodologia SHERPA (*Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach*), desenvolvido por Embrey em 1986.

Com o embasamento teórico definido, além da definição do cenário de testes, partiu-se então rumo à construção da ferramenta tecnológica. O *software* de análise foi desenvolvido integralmente pelos autores com auxílio do programa computacional

Microsoft Excel. A ferramenta se baseia na análise de tarefas quanto ao risco inerente a cada uma delas, podendo executar a sua função para até 15 tarefas de modo simultâneo. Para isso a ferramenta possui um sistema de pesos distribuídos em dois eixos, sendo eles a probabilidade e a severidade de um dado risco. Cada eixo teve seus valores definidos através da análise de diversas bibliografias no material disponibilizado para teste pelo orientador e na experiência profissional adquirida pelos autores.

Figura 2: Fluxograma da Metodologia de Pesquisa.



Fonte: Autoria própria (2022).

Com o apoio do orientador e um período de testes em disciplinas da área de Manutenção, a ferramenta foi aprimorada permitindo a aplicação *in loco* no setor de manutenção de uma Usina Hidrelétrica, onde se fez a validação da atividade. A figura 2 é a representação gráfica da metodologia aqui aplicada e que resultou neste trabalho de conclusão de curso.

1.6 Estrutura do trabalho

A divisão deste trabalho conta com cinco capítulos, de forma que o primeiro capítulo é o presente e é uma introdução ao trabalho de forma geral, onde foram

levantados os problemas, objetivos e justificativas do estudo, assim como um cronograma para sua realização.

O segundo capítulo tratará de uma revisão dos conhecimentos que serão utilizados como base neste estudo, ou seja, os conceitos da análise de confiabilidade humana, as metodologias utilizadas e suas gerações, além da origem e aplicabilidade da metodologia SHERPA.

No terceiro capítulo será abordado o estudo de fato. Aqui explica-se o desenvolvimento do questionário a ser aplicado em campo e da plataforma de análise dos resultados. O quarto capítulo apresenta uma análise dos dados obtidos durante o trabalho e, por fim, no quinto capítulo a conclusão.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta parte apresenta-se a análise da bibliografia disponível em plataformas de busca acadêmica, como o Google Acadêmico e *ScienceDirect*, de modo a demonstrar a importância deste trabalho para o estudo da confiabilidade humana em uma abordagem quantitativa.

2.1 Metodologia e resultados

O objetivo principal desta revisão é comprovar a importância deste trabalho e da pesquisa realizada. Para isso realizou-se a busca de cinco termos com foco no setor hidroelétrico: *Human Reliability* (Confiabilidade Humana), *Maintenance Management* (Gestão de Manutenção), *Human Failure* (Falha Humana), *Human Errors* (Erros Humanos) e *Failure Analysis* (Análise de Falhas). As buscas concentraram-se em artigos publicados após 2012, ou seja, nos últimos 10 anos, de modo a evitar a contagem dupla ou a consideração de resultados irrelevantes. Os resultados obtidos estão dispostos no quadro 1:

Quadro 1: Dados dos últimos 10 anos.

	<i>Human Reliability & Hydroelectric</i>		<i>Maintenance Management & Hydroelectric</i>		<i>Human Failure & Hydroelectric</i>		<i>Human Errors & Hydroelectric</i>		<i>Failure Analysis & Hydroelectric</i>	
	Google	Science Direct	Google	Science Direct	Google	Science Direct	Google	Science Direct	Google	Science Direct
2012	7	1	52	1	7	3	45	6	66	6
2013	7	3	53	4	10	1	52	11	82	8
2014	10	1	51	2	9	2	55	20	90	8
2015	5	2	65	3	14	2	44	18	90	10
2016	8	1	69	4	13	1	51	17	110	6
2017	11	2	54	7	10	0	66	14	137	6
2018	11	4	81	7	13	1	62	17	154	14
2019	6	4	83	5	7	2	37	16	168	15
2020	11	2	123	5	9	1	87	18	225	18
2021	20	2	146	8	11	1	82	24	221	16
TOTAL	96	22	777	46	103	14	581	161	1343	107

Fonte: Autoria própria (2022).

Pode-se notar um aumento da citação de todos os termos neste período, comprovando a relevância do tema com mais interesse quanto a análise de falhas, visando correções, além do foco em manutenções preditivas.

A análise realizada com a inclusão do termo “SHERPA” não apresentou nenhum trabalho de relevância. Com isso percebe-se que o trabalho apresenta um grande desafio quanto a seu desenvolvimento, pois a temática sobre a confiabilidade humana no setor de manutenção de uma usina hidrelétrica não dispõe de pesquisas adequadas a partir da metodologia SHERPA que possam ser utilizadas.

2.2 Síntese e conclusão do capítulo

Neste capítulo foi apresentada a análise bibliográfica realizada para o desenvolvimento do trabalho através de ferramentas de busca acadêmica. Com isso, empenhou-se comprovar a relevância deste trabalho de acordo com a bibliografia já existente e publicada nos últimos dez anos.

Foi constatado que houve um aumento no número de publicações, porém o uso da metodologia SHERPA ainda é algo inovador no campo da confiabilidade humana no setor de manutenção de usinas hidrelétricas.

A seguir será realizada uma revisão dos conhecimentos pertinentes ao trabalho e sua aplicação.

3. REVISÃO DE CONHECIMENTOS

O presente capítulo irá apresentar a teoria existente sobre a ACH (Análise da Confiabilidade Humana), suas gerações e metodologias. Nela localizamos a metodologia SHERPA (*Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach*) na 2ª geração. Em seguida faz-se uma análise mais aprofundada sobre a metodologia aplicada neste trabalho com base no fluxograma das oito etapas de aplicação da metodologia SHERPA.

3.1 Confiabilidade Humana

3.1.1 Análise da Confiabilidade Humana

O conceito de confiabilidade humana vem se alterando com o passar do tempo, porém define-se como a probabilidade de conclusão com sucesso de uma atividade por parte de um operador ou equipe dentro de um tempo mínimo (SWAIN, GUTTMANN, 1983). A sua análise, conhecida como ACH, busca representar o desempenho humano em uma determinada tarefa, observando o ambiente, modo de operação, conhecimento e consequências da ação humana sobre o sistema (SOUZA, FIRMINO, DROGUETT, 2009).

Análises voltadas a ACH iniciaram nos anos 1970, com seus atores principais sendo a avaliação do comportamento, principalmente na área da engenharia. Grande parte das técnicas de ACH foram criadas visando sua aplicação na área nuclear, porém passaram a ser aplicadas em variados contextos (SOUZA, FIRMINO, DROGUETT, 2009).

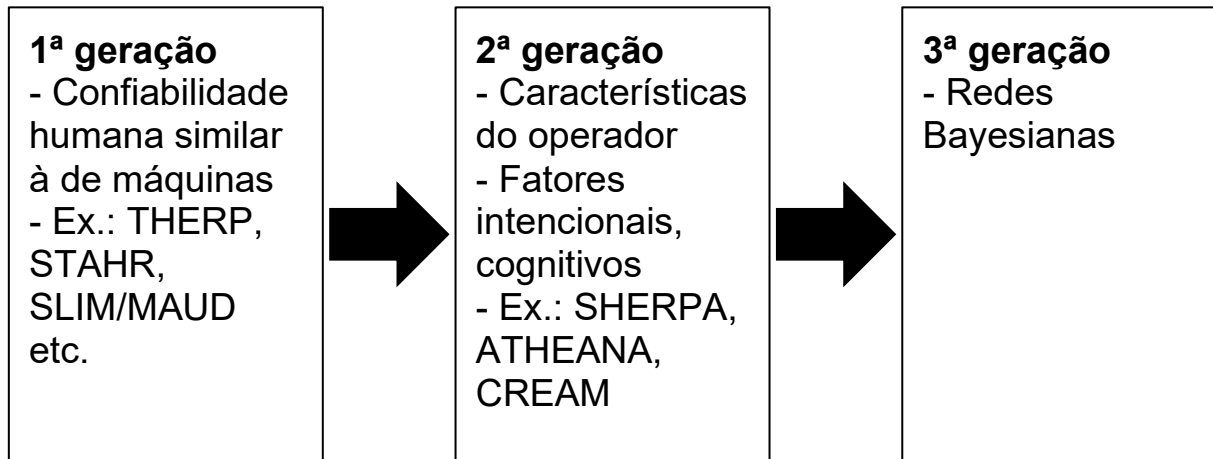
As análises de erros humanos encaixam-se em duas categorias: as qualitativas e as quantitativas. As primeiras são conjuntos de ferramentas criadas para auxiliar na modelagem do sistema analisado e são compostas de análise das tarefas, análise preditiva de erros humanos, análise de consequências, análise dos fatores de influência na performance e análise de redução de erros (SANDOM, HARVEY, 2004).

Já as segundas são modelos estatísticos que permitem a obtenção de valores relacionados a ocorrência de erros humanos num determinado ambiente. Nas análises quantitativas, tenta-se transformar itens como a performance humana, estado

psíquico e estado do ambiente em números, de modo a possibilitar a análise (SANDOM, HARVEY, 2004).

Na figura 3 encontram-se dispostas as metodologias de análise divididas em três gerações de acordo com o período histórico de seu surgimento.

Figura 3: Gerações das metodologias de análise de confiabilidade humana.



Fonte: Souza, Firmino e Droguett (2009).

Na primeira geração a confiabilidade humana era tratada da mesma maneira que a confiabilidade de máquinas. A metodologia SHERPA pode ser considerada como da 2ª geração, visto que apresenta maior consideração das características do operador e introdução de outros erros (intenções, cognitivos). Por fim, existem as metodologias de terceira geração que trabalham com as redes Bayesianas, sendo representações compactas de uma tabela de conjunção de probabilidades (SOUZA, FIRMINO, DROGUETT, 2009).

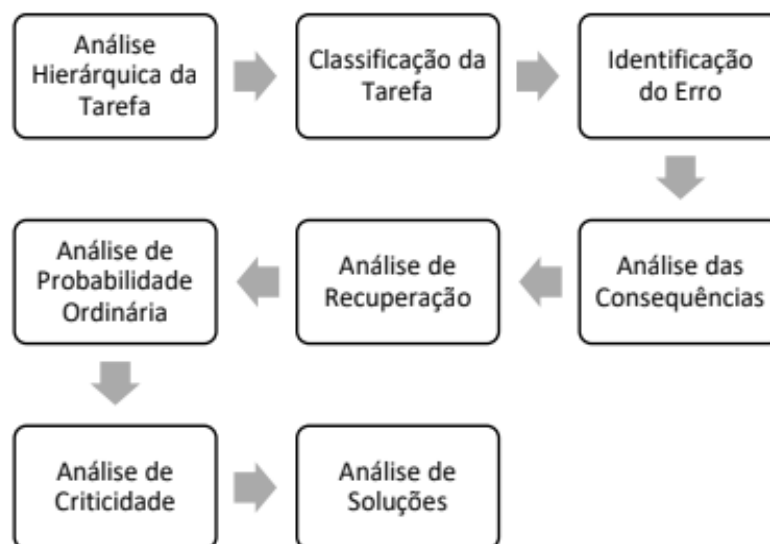
3.1.2 SHERPA

A Abordagem para predição e redução de erros humanos sistemáticos, do inglês *Systematic human error reduction and prediction approach* - SHERPA, foi desenvolvida por Embrey e publicada no ano de 1986. Essa técnica permite a predição de erros causados por fatores humanos e de forma estruturada analisa tarefas e lista eventuais soluções para os erros. Isso acontece a partir da taxonomia do erro humano, sendo que inicialmente também eram considerados os mecanismos psicológicos implícitos. Como algo em constante desenvolvimento, a metodologia é sempre adequada às realidades de cada momento (STANTON, 2004).

Sua ideia original previa a utilização em indústrias de processamento (geração e distribuição de energia nuclear e convencional, indústria petroquímica, extração de óleo e gás) (EMBREY, 1986 apud STANTON et al., 2005), porém vemos uma ampliação do escopo de utilização, com exemplos recentes de aplicação na área da saúde (GUIRRO, 2017) e da aviação (CHOI, HAN, HAM, 2021)

Na publicação *Handbook of human factors and ergonomics methods* (STANTON et al., 2005), têm-se listados oito passos a serem seguidos em uma análise baseada no SHERPA. A figura 4 visa demonstrar os passos.

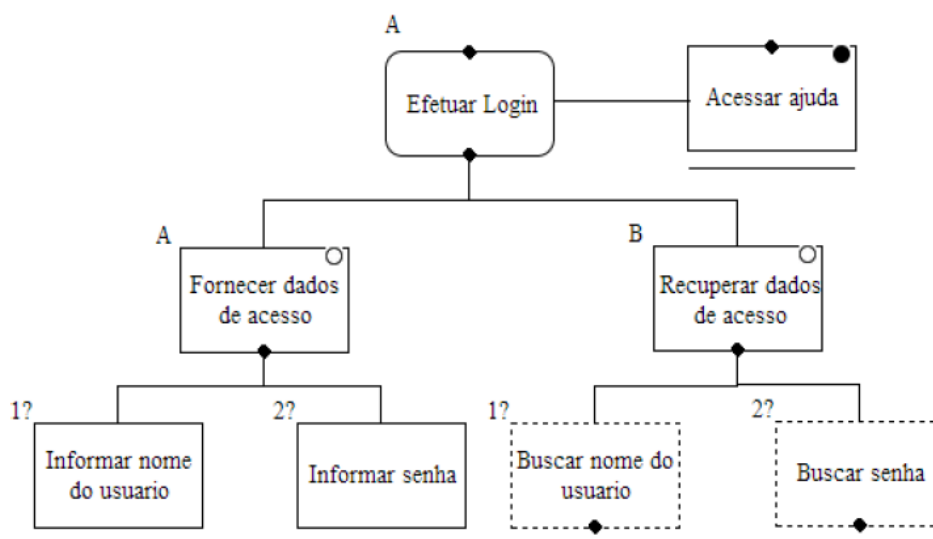
Figura 4: Fluxograma da metodologia SHERPA.



Fonte: Stanton et al. (2005).

No início faz-se uma análise de todas as tarefas de forma hierárquica. A Análise Hierárquica da Tarefa (AHT) foi desenvolvida na Universidade de Hull para análise de tarefas complexas da indústria química e de geração de energia (ANNETT et al., 1971 apud STANTON et al., 2005). Essas tarefas são decompostas em uma cadeia de operações de forma a permitir a identificação de pontos, onde uma falha seja provável dado o *design*, complexidade ou *expertise* envolvidos (ANNETT, 2005 apud STANTON et al., 2005). O SHERPA depende fortemente da AHT, devendo ser realizada como primeiro passo do processo (STANTON et al., 2005). A figura 5 apresenta um exemplo de AHT.

Figura 5: Exemplo de AHT.



Fonte: Campos e Sánchez (2013).

Após a dissecação das tarefas feita pela AHT, realiza-se uma classificação de cada operação entre cinco possíveis tipos: ação (pressionar um botão, abrir uma porta), recuperação (coletar informação de uma determinada fonte), checagem (preencher um *checklist*), seleção (escolher um item entre vários disponíveis) e comunicação (informar a todos os interessados sobre um determinado tema ou acontecimento) (STANTON et al., 2005; HUGHES et al., 2015).

A terceira etapa envolve a identificação do erro humano que, com base em taxonomia previamente definida, certos modos de falha podem ser associados a cada atividade listada no início da análise, sendo feita a descrição da possível ocorrência (STANTON, 2005; HUGHES et al., 2015).

Em seguida tem-se a Análise das Consequências de modo a poder avaliar-se futuramente a criticidade (STANTON et al., 2005; HUGHES et al., 2015).

Na fase de Análise de Recuperação, deve-se verificar a existência de ações que possam evitar ou mitigar os danos decorrentes de um erro (STANTON et al., 2005; HUGHES et al., 2015).

No sexto passo, chega-se à Análise de Probabilidade Ordinária. Aqui deve-se estimar a probabilidade de ocorrência de determinada falha baseada em históricos e entrevistas com especialistas, encaixando o resultado dentro dos seguintes níveis: baixo (B): se o erro raramente foi observado; médio (M): se o erro já foi observado em situações anteriores; e alto (A): se o erro ocorre frequentemente (STANTON et al.,

2005; HUGHES et al., 2015). Neste trabalho, porém, utilizaram-se outros níveis, a serem explanados em capítulo posterior.

Na sétima etapa, realiza-se a Análise de Criticidade. Aqui os erros são classificados como críticos ou não críticos. Geralmente uma consequência é crítica se seu erro gerador tiver potencial de provocar grande dano (STANTON et al., 2005; HUGHES et al., 2015).

Por fim realiza-se a etapa de Análise de Soluções. Geralmente apresentam-se na forma de alterações no sistema de trabalho que impediriam a ocorrência do erro ou, ao menos, reduziram suas consequências. Geralmente essas soluções se encaixam em quatro categorias: equipamento, treinamento, procedimento e organização. As proposições devem ser analisadas de acordo com sua capacidade de prevenir a incidência de erros, a eficácia dos custos da implementação, sua aceitação por parte dos usuários e a capacidade de implementação por parte da organização (STANTON et al., 2005; HUGHES et al., 2015).

Essa metodologia possui algumas vantagens como seu procedimento estruturado e compreensível, a taxonomia que permite a identificação de erros potenciais, a possibilidade de validação e confiabilidade dos dados, economia de tempo e a formulação de estratégias de redução dos erros (STANTON et al., 2005; HUGHES et al., 2015).

Contudo, existem também desvantagens, entre elas, o tempo gasto na análise de tarefas complexas, o grande tempo para realização da AHT (se necessária), o fato de não modelar componente cognitivos do erro, a falta de confiabilidade de alguns erros e soluções encontradas, além de eventuais generalizações (STANTON et al., 2005; HUGHES et al., 2015).

Segundo Kirwan (1992), Baber e Stanton (1996), Stanton e Stevenage (1998) e outros autores citados por Stanton et al. (2005), o SHERPA se mostrou uma técnica de predição confiável e aplicável em diversas áreas, mesmo sendo dependente da *expertise* do analista responsável e da complexidade do sistema analisado (STANTON, BABER, 2002 apud STANTON et al., 2005).

Um exemplo de aplicação do SHERPA se dá na indústria petroquímica, onde os pesquisadores Mehdi Ghasemi, Jebrail Nasleseraji, Sedigheh Hoseinabadi e Mohsen Zare analisaram a incidência de erros humanos na Unidade de Zagros Methanol em Asalooyeh, no Irã. Como descrito anteriormente, o trabalho foi iniciado com a análise hierárquica das tarefas, seguida da classificação e análises de

severidade, consequência, recuperação, probabilidade e criticidade. Obtiveram-se os modos de erro para cada um dos 222 erros humanos observados, sendo que 48,62% eram erros de ação, 31,97% erros de verificação, 11,7% erros de comunicação, 6,75% erros de recuperação e 0,9% erros de seleção (GHASEMI et al., 2013).

3.2 Síntese e conclusão do capítulo

O presente capítulo inicia-se com o conceito de confiabilidade humana e sua análise. Essas análises definem-se como quantitativas ou qualitativas de acordo com seu intuito e objeto de análise. Existem classificações de acordo com o período histórico de surgimento da metodologia de análise. A metodologia aplicada neste projeto é a abordagem para predição e redução de erros humanos sistemáticos ou SHERPA, desenvolvida por Embrey em 1986 e que permite a predição de erros causados por fatores humanos, baseada na análise hierárquica da tarefa, sendo uma forma de dissecação de atividades em subtarefas.

Com o SHERPA pode-se desenvolver o questionário a ser aplicado em campo, com o conseqüente desenvolvimento de questões e divisão em subtarefas.

No capítulo a seguir, será abordado o desenvolvimento da ferramenta com uso da metodologia SHERPA e demais bibliografias deste trabalho.

4. DESENVOLVIMENTO DE ANÁLISE VIA METODOLOGIA SHERPA

A seguir, com base na metodologia SHERPA (*Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach*), será exposto o desenvolvimento de uma ferramenta composta por dezesseis perguntas, cada uma com quatro possíveis respostas. Os resultados vêm dos pesos aplicados a cada resposta, de acordo com a probabilidade de erros e severidade das ocorrências. Os valores finais são analisados com o auxílio de uma matriz do índice de classificação de risco.

4.1 Desenvolvimento da metodologia e da ferramenta

4.1.1 Hipótese

Visando a análise da probabilidade de erro humano de forma quantitativa nas atividades de manutenção em uma usina hidrelétrica, inicia-se a pesquisa para avaliar a melhor metodologia de aplicação. A metodologia SHERPA foi escolhida por permitir a análise de equipamentos e sistemas, e estimativa da probabilidade de erro humano inerente ao objeto estudado.

Com a metodologia definida, iniciou-se a etapa de formulação de perguntas para a análise da probabilidade de erros humanos durante a manutenção, assim como a severidade dessa falha para o sistema, seus operadores e ambiente.

4.1.2 Desenvolvimento

Foram formuladas dezesseis perguntas divididas em duas categorias: I. Probabilidade de Erro e II. Severidade das Consequências.

- Probabilidade de Erro:
 - *Qual o nível de concentração necessário durante a realização da atividade?* Para cada atividade é necessário saber o quão atento o manutentor deve estar observando o grau de dificuldade da atividade e o conhecimento teórico e prático do funcionário.
 - *Há supervisão durante a realização da atividade? Se sim, esporádica ou constante?* Muitas vezes, para garantir a qualidade do serviço prestado, é necessária a supervisão constante, o que auxilia, inclusive, no controle

da pressão sobre a equipe de trabalho (SANTOS, SÁ RODRIGUES, 2020). Logo, avalia-se o grau dessa supervisão.

- ↪ *Há distrações no local da atividade?* Temos que aproximadamente 15% dos erros de manutenção são causados por distrações presentes no local de trabalho (SANTOS, SÁ RODRIGUES, 2020). Logo, é importante analisar a quantidade de distrações presentes e a influência causada no desempenho do pessoal de manutenção.
- ↪ *Com qual frequência a atividade é realizada pela mesma equipe?* O trabalho em equipe, associado a experiência prática, é de suma importância no desempenho correto da atividade (SANTOS, SÁ RODRIGUES, 2020).
- ↪ *Qual o atual estado das Instruções/Procedimentos relacionados a esta atividade?* A existência de procedimentos operacionais permite a melhoria do desempenho do operador e o aumento de sua produtividade (CONCEIÇÃO GUIZZO SANTOS, 2017). Contudo, para que haja eficácia, esses procedimentos devem estar ao alcance do operador e de maneira atualizada.
- ↪ *Equipe realiza treinamentos relacionados a atividade?* A realização de treinamentos relacionados as atividades desempenhadas têm relação direta com a confiabilidade humana associada a uma determinada atividade. Um elevado nível de treinamentos permite que se realizem ações de aumento da confiabilidade do sistema (CARVALHO, 2021).
- ↪ *Procedimentos e/ou Manuais estão no idioma natural do mantenedor?* Como já explanado, o acesso aos procedimentos deve ser simplificado e isso inclui o idioma em que o documento é redigido.
- ↪ *Atividade realizada em qual turno?* Dado o ciclo circadiano, tem-se que existe uma maior incidência de acidentes e um pior desempenho dos funcionários nos turnos vespertinos e noturnos (CARVALHO, VIDAL, 2000). Assim sendo, é necessário avaliar em qual período do dia se realiza a atividade analisada.
- ↪ *Atividade realizada durante troca de turno?* Segundo Borges e Menegon (2009), os momentos imediatamente prévios a troca de turno são primordiais, já que o operador encarregado está desgastado por horas de atividade, porém os minutos posteriores a entrada do novo operador

também possuem relevância, pois o mesmo ainda desconhece todas as condições atuais do sistema. Dessa forma é importante descobrir se a tarefa em questão costuma ser efetuada durante os períodos de troca de turno.

- *Qual a qualidade da comunicação entre as equipes?* Em organizações de alta confiabilidade a comunicação atua como fundamento do trabalho em equipe (SANTOS, VIEIRA, MIRANDA KUBO, 2012).
 - *Qual a experiência da equipe na execução da atividade?* Mesmo com a existência de manuais e a realização de treinamentos constantes, a experiência prática do funcionário em dada atividade é de suma importância (SANTOS, SÁ RODRIGUES, 2020).
 - *A equipe é consciente com os possíveis impactos decorrentes de uma falha no sistema?* A percepção dos riscos presentes na atividade é de suma importância para a solução dos problemas existentes (SILVA et al., 2017).
- Severidade das Consequências:
 - *Qual a complexidade de atuação no equipamento?* Com a evolução da tecnologia surgiu a preocupação com a capacidade humana de operação dos equipamentos cada vez mais complexos (FILGUEIRAS, 1999).
 - *Qual a criticidade do equipamento?* Qual a criticidade do equipamento dentro do ambiente fabril considerando os quesitos de segurança, impacto na produção, tempo de reparo, custo de manutenção e confiabilidade.
 - *Equipe possui todos os recursos materiais necessários para a realização da atividade?* A confiabilidade humana é definida como a probabilidade de que uma pessoa não erra no cumprimento de uma ação requerida quando exigida em determinado período, em condições ambientais apropriadas e com recursos disponíveis para executá-las (SILVA et al., 2017). Recursos materiais definem-se como equipamentos, ferramentas, itens de proteção e demais utensílios imprescindíveis no dia a dia do operador.

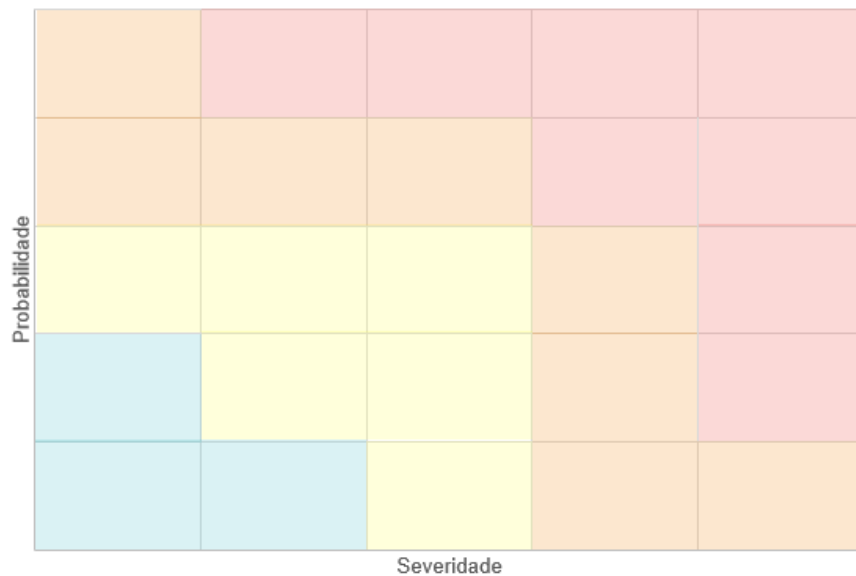
- *Local de realização da atividade é adequado?* O erro humano é responsável por grande parte dos acidentes ocorridos na área industrial, para melhorar a segurança e, portanto, reduzir eventos indesejáveis, é necessário que equipamentos, operações e ambiente de trabalho sejam compatíveis com as capacidades físicas e cognitivas do homem, bem como suas limitações (SILVA et al., 2017).

As perguntas estão dispostas dentro de um formulário construído com auxílio do software Microsoft Excel para facilitar e organizar o preenchimento das respostas. Para cada pergunta, existem quatro opções de resposta com pesos específicos. O preenchimento é de responsabilidade do supervisor de manutenção responsável pelo sistema analisado, pois assim analisará de uma forma fidedigna o nível da equipe que atuará nas manutenções.

4.1.3 Ferramenta de análise

Após a coleta de informações e preenchimento do formulário, o supervisor inserirá as respostas na ferramenta computacional. Ao preencher as informações de cada pergunta, a ferramenta calcula e informa um Índice de Classificação de Risco apresentado ao usuário, que permite a análise com um guia visual (figura 6), gerado para auxiliar o supervisor na priorização dos sistemas a serem abordados para a mitigação do risco.

Figura 6: Tabela de Análise do Índice de Classificação de Risco.



Fonte: Autoria própria (2022).

O guia visual está dividido em quatro categorias dispostas pelas cores:

- Azul: o sistema analisado possui baixa probabilidade de erro humano durante a manutenção, assim como impacto desprezível em caso de erro.
- Amarelo: existe probabilidade de erro humano ou impacto no sistema, a qual deve ser analisada. No entanto, por ser em um nível menor, pode ser postergada caso existam pontos mais críticos para atuação.
- Laranja: alta probabilidade de erro humano e/ou alto impacto no sistema em caso de erro. Ponto de atenção, sendo necessário iniciar um processo de adequação para baixar o ICR.
- Vermelho: ponto crítico, com altíssima probabilidade de erro e severidades graves para o sistema, podendo afetar seus operadores e demais envolvidos no processo.

A combinação para a classificação de cada atividade nos quadrantes é feita em dois eixos: probabilidade e severidade. Neles temos cinco níveis, sendo eles: muito baixo, baixo, médio, alto e extremo.

A definição do nível é feita de acordo com a soma da pontuação obtida pela atividade avaliada em cada eixo, o *range* varia entre 12 (doze) e 90 (noventa) no caso da probabilidade e entre 4 (quatro) e 40 (quarenta) no eixo da severidade. A variação percentual de 0 (zero) a 100% é dada pela divisão do *range* por 5 (cinco). Assim temos as seguintes classificações de risco:

- Muito baixo: no eixo da probabilidade entre 0 e 17%; no eixo da severidade entre 0 e 18%.
- Baixo: no eixo da probabilidade oscila entre 18 e 37%; já no eixo da severidade está entre 19 e 39%.
- Médio: para a probabilidade entre 38 e 59%; para a severidade entre 40 e 59%.
- Alto: varia entre 60 e 78% no eixo da probabilidade; no eixo da severidade varia entre 60 e 80%.
- Extremo: por fim, está entre 79 e 100% na probabilidade; entre 81 e 100% na severidade.

4.1.4 Modelo adaptado SHERPA

A resultante do estudo foi a criação do Modelo Adaptado SHERPA, composto pelo questionário, índice de classificação de risco e relatório final, sendo uma ferramenta para análise de sistemas e equipamentos que informa qual a probabilidade de erro humano e, qual sua consequência no sistema analisado. Com essa análise, o supervisor de manutenção terá ciência de quais sistemas apresentam maior risco em sua operação, podendo realizar adequações tanto no local quanto nos planos de manutenção e equipe responsável, visando aumentar a confiabilidade geral do sistema analisado.

Toda a ferramenta foi desenvolvida com auxílio do programa Microsoft Excel, o que permite a execução na grande maioria dos computadores e em diversos dispositivos móveis. Apesar disso, o preenchimento pode ser realizado em questionário físico e ter seus resultados, posteriormente, trasladados a aplicação tecnológica.

Na página inicial, apresentada no apêndice A, o operador deverá inserir o nome do sistema a ser analisado pela ferramenta, o local onde ele se encontra, os nomes dos membros da equipe responsável e a data do trabalho. Na mesma aba, o operador deverá inserir no campo apropriado o número de tarefas analisadas simultaneamente, que podem variar de 1 (um) a 15 (quinze), conforme instruções.

Após a inserção do número de atividades, o sistema abrirá o número de abas correspondentes. Em cada uma delas estará disponível o questionário apresentado no apêndice B, com as perguntas e as respostas disponíveis para cada questão. É

possível inserir o nome da atividade analisada no cabeçalho e caso disponível, seu código do plano do trabalho correspondente.

Para cada questão existem quatro respostas disponíveis, cada uma com um peso correspondente, que varia, no caso mais extremo, de 0 (zero) a 10 (dez). Após o preenchimento de todos os questionários aplicáveis, o operador deverá retornar à página inicial. Nela existe a opção de geração de um relatório final, no modelo dado no apêndice C. Ele nos possibilita, além de visualizar a atividade, o local, a data de análise e a equipe envolvida, observar a classificação da tarefa no ICR adequado, a posição no eixo de probabilidade e severidade e, ainda, eventuais observações existentes. No caso de eventuais alterações em qualquer fator, veremos automaticamente o movimento do indicador no gráfico. Por fim, ainda na aba inicial, temos as opções de copiar a planilha de trabalho e de imprimir o relatório, se necessário.

Para a geração do relatório temos duas abas ocultas do usuário, onde são realizados os cálculos e a configuração do gráfico. A primeira delas é a aba “Cálculos”, onde temos o intervalo de pontuação aplicável para cada pergunta, para cada um dos fatores (probabilidade e severidade), além da classificação percentual de cada nível de risco e por tarefa. Os valores obtidos são espelhados na aba “Cálculos Gráficos”, em que os dados necessários para a construção do gráfico final são compilados.

Cada pergunta a ser respondida possui quatro possíveis respostas, sendo que cada uma delas contém um peso a ser considerado no cálculo da probabilidade ou severidade e, ainda, do risco total da tarefa. A maior escala possível varia entre 0 (zero) e 10 (dez), podendo ser menor de acordo com a importância do tema analisado. Em todos os casos, temos a opção “não se aplica”, que contém o peso 0 (zero), a fim de não influenciar no índice de classificação de risco obtido.

A relação de respostas e pesos, excluindo-se a opção “não se aplica”, está a seguir:

Categoria “Máquinas e Equipamentos”:

- Qual a complexidade de atuação no equipamento?
 - Alto: equipamento importado e de uso específico - 10 (dez);
 - Médio: equipamento com uso em diversas indústrias - 5 (cinco);
 - Baixo: equipamento nacional e/ou de conhecimento geral - 1 (um).
- Qual a criticidade do equipamento?
 - Classe A: prioridade alta - 10 (dez);

- Classe B: prioridade média - 5 (cinco);
- Classe C: prioridade baixa - 1(um).

Categoria “Fatores Humanos”:

- Qual o nível de concentração necessário durante a realização da atividade?
 - Alto: foco é extremamente necessário durante a atividade - 5 (cinco);
 - Médio: podendo haver distrações esporádicas - 3 (três);
 - Baixo: podendo ser realizado em locais com distrações - 1 (um).
- Há supervisão durante a realização da atividade? Se sim, esporádica ou constante?
 - Não há supervisão durante a realização da atividade - 10 (dez);
 - Há supervisão esporádica durante a atividade - 5 (cinco);
 - Há supervisão constante durante a atividade - 1 (um).
- Há distrações no local da atividade?
 - Há muita distração no local da atividade - 5 (cinco);
 - Há pouca distração no local da atividade - 3 (três);
 - Não há muita distração no local da atividade - 1 (um).
- Com qual frequência a atividade é realizada pela mesma equipe?
 - Trimestral, semestral, anual ou mais - 10 (dez);
 - Mensal ou bimestral - 3 (três);
 - Semanal ou quinzenal - 1 (um).

Categoria “Fatores de Conhecimento”:

- Qual o atual estado das instruções/procedimentos relacionados a esta atividade?
 - Não há instruções/procedimentos disponíveis - 10 (dez);
 - Há instruções/procedimentos, porém desatualizados/incompletos - 5 (cinco);
 - Há instruções/procedimentos disponíveis, atualizados e completos - 1 (um).
- A equipe realiza treinamentos relacionados à atividade?
 - Não, a empresa não fornece treinamentos deste tema - 10 (dez);
 - Sim, porém o último foi há mais de 6 meses - 5 (cinco);
 - Sim, o último treinamento foi há menos de 6 meses - 1 (um).

- Os procedimentos e/ou manuais estão no idioma natural?
 - Não há procedimento ou há em idioma de difícil entendimento - 5 (cinco);
 - Não, documentação em língua inglesa/espanhola - 3 (três);
 - Sim, documentação em português - 1 (um).

Categoria “Disposições da Atividade”:

- A equipe possui todos os recursos materiais necessários para a realização da atividade?
 - Não, a equipe não possui os materiais necessários e precisa improvisar - 10 (dez);
 - Sim, porém os materiais são de qualidade inferior ao necessário - 5 (cinco);
 - Sim, a equipe possui todos os materiais necessários para a manutenção - 1 (um).
- O local de realização da atividade é adequado?
 - Atividade em espaço confinado/insalubre - 10 (dez);
 - Local possui sujidade e/ou iluminação inadequada - 5 (cinco);
 - Local é apropriado para a realização das atividades - 1 (um).

Categoria “Disposições Gerais”:

- A atividade é realizada em qual turno?
 - 3° Turno - 5 (cinco);
 - 2° Turno - 3 (três);
 - 1° Turno - 1 (um).
- Há atividade realizada durante a troca de turno?
 - Sim, durante a troca do 2° para o 3° turno ou do 3° para o 1° turno - 5 (cinco);
 - Sim, durante a troca do 1° para o 2° turno - 3 (três);
 - Não, não há atividade realizada dentro do mesmo turno - 1 (um).
- Qual a qualidade da comunicação entre as equipes?
 - Baixo, a equipe não possui comunicação clara - 5 (cinco);
 - Médio, a equipe se comunica, mas há falhas no entendimento - 3 (três);
 - Alta, a equipe se comunica de forma clara e direta - 1 (um).
- Qual a experiência da equipe na execução da atividade?

- Baixo, a equipe precisa seguir instruções durante toda a atividade - 10 (dez);
 - Médio, a equipe sabe o básico, mas precisa de auxílio em algumas atividades - 5 (cinco);
 - Alto, a equipe possui experiência e conhece os passos da atividade - 1 (um).
- A equipe é consciente com os possíveis impactos decorrentes de uma falha no sistema?
 - Não, a equipe não possui consciência dos impactos que podem ocorrer - 10 (dez);
 - Sim, porém o conhecimento dos impactos é parcial - 5 (cinco);
 - Sim, a equipe possui total consciência dos impactos que podem ocorrer - 1 (um).

4.1.5 Avaliação da ferramenta

Também foi desenvolvido um questionário de avaliação da ferramenta, apresentado no apêndice D, de forma a possibilitar um aprimoramento contínuo. Esse questionário contém dez perguntas, que podem ser respondidas utilizando-se de notas entre um e cinco, sendo 1 (um) “discordo totalmente”, 2 (dois) “discordo em parte”, 3 (três) “nem concordo, nem discordo”, 4 (quatro) “concordo em parte” e 5 (cinco) “concordo totalmente”. Os itens que irão medir a avaliação da ferramenta são:

- Se necessário, usaria esta ferramenta com frequência.
- A ferramenta é de fácil uso.
- Existem instruções claras para o uso da ferramenta.
- O resultado que obtive é coerente com a realidade.
- Necessito de auxílio para utilizar a ferramenta.
- Posso aplicar a ferramenta em todas as atividades em que atuo.
- A ferramenta facilita a análise do risco do erro humano em atividades com diversas tarefas.
- A avaliação obtida é distante do que encontro no ambiente analisado.
- A ferramenta auxilia na identificação do índice de classificação de riscos envolvendo o erro humano.
- O uso da ferramenta é complexo.

4.2 Síntese e conclusão do capítulo

Neste capítulo decorre-se sobre o desenvolvimento das perguntas que serão aplicadas para a análise da severidade e probabilidade do erro humano no sistema, explicando os motivos, pesos e a importância de cada uma no contexto do cálculo do índice de classificação de risco. Também se demonstra o guia visual da ferramenta.

O conteúdo apresentado neste capítulo é de suma importância para o entendimento da ferramenta, sua aplicação e os possíveis resultados apresentados.

No próximo capítulo será apresentado os resultados da aplicação *in loco* da ferramenta.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Dados obtidos *in loco*

A ferramenta foi aplicada no setor de manutenção de uma Usina Hidrelétrica a fim de validá-la, sendo que os índices obtidos possibilitam a "calibração" e eventuais correções necessárias.

Três atividades representativas foram escolhidas para a aplicação da ferramenta, elas são efetuadas em diferentes pontos da Usina. A primeira atividade é o Controle do estado de aperto das cunhas do estator, com o passo-a-passo:

- Remover todos os pertences pessoais antes de acessar o gerador;
- Isolar a área;
- Retirar a chaparia (desconectar aterramento, utilizar ponte rolante, empilhar chaparias em pilhas de no máximo sete);
- Instalar iluminação e escada de acesso ao gerador (em local apropriado);
- Desconectar cordoalhas de fase e neutro;
- Instalar aterramento temporário;
- Realizar ensaio de resistência de isolamento;
- Instalar iluminação provisória na parte superior e inferior do gerador;
- Retirar guias de ar;
- Retirar dois polos;
- Medição de aperto de cunhas;
- Giro manual do rotor;
- Recolocar os polos retirados;
- Montar os guias de ar superiores e inferiores;
- Realizar ensaio de resistência de isolamento;
- Reconectar cordoalhas;
- Desinstalar aterramento temporário;
- Retirar iluminação e escada de acesso;
- Remontar chaparia reconectando os aterramentos;
- Retirar o isolamento da área.

Na figura 11 vemos o preenchimento do questionário com base na análise da criticidade de cada passo e da atividade de forma global.

Figura 7: Avaliação da Tarefa 1.

Nome da Tarefa 1	
Controle do estado do aperto das cunhas do estator	
Código do Plano de Trabalho	
PT0002564	
sHERpa - Modelo Rennó-Baschta	
Qual a complexidade de atuação no equipamento?	Alto, equipamento importado e de uso específico
Qual a criticidade do equipamento?	Classe A: Prioridade Alta
Qual o nível de concentração necessário durante a realização da atividade?	Alto, foco é extremamente necessário durante a atividade
Há supervisão durante realização da atividade? Se sim, esporádica ou constante?	Há supervisão constante durante a atividade
Há distrações no local da atividade?	Há pouca distração no local da atividade
Com qual frequência a atividade é realizada pela mesma equipe?	Trimestral, Semestral, Anual ou mais
Qual o atual estado das Instruções / Procedimentos relacionados à esta atividade?	Há instruções / procedimentos disponíveis, atualizados e completos
Equipe realiza treinamentos relacionados à atividade?	Não, a empresa não fornece treinamentos deste tema
Procedimentos e/ou Manuais estão no idioma natural do mantenedor?	Sim, documentação em português
Equipe possui todos os recursos materiais necessários para a realização da atividade?	Sim, equipe possui todos os materiais necessários para a manutenção
Local de realização da atividade é adequado?	Local possui sujidade e/ou iluminação inadequada
Atividade realizada em qual turno?	1º Turno
Atividade realizada durante troca de turno?	Não se aplica
Qual a qualidade da comunicação entre as equipes?	Não se aplica
Qual a experiência da equipe na execução da atividade?	Alto, equipe possui experiência e conhece os passos da atividade
A equipe é consciente com os possíveis impactos decorrentes de uma falha no sistema?	Sim, equipe possui total consciência dos impactos que podem ocorrer

Fonte: Autoria própria (2022).

Em seguida, a atividade analisada foi a Inspeção e ensaio do barramento blindado, que é executada na sequência a seguir:

- Garantir que o barramento está desenergizado e aterrado;

- Montar andaimes na altura compatível ao alcance das janelas do barramento;
- Limpar a área do invólucro em torno das janelas;
- Desparafusar a fixação das janelas;
- Efetuar inspeção visual nos isoladores e barramentos (trincas, sujeitas, descargas elétricas);
- Efetuar a limpeza do isolador com pano seco;
- Efetuar a limpeza do lado interno e externo do invólucro com pano umedecido em álcool etílico;
- Reparafusar as janelas utilizando torque adequado;
- Inspeccionar os isoladores dos barramentos instalados utilizando-se de ponte rolante;
- Verificar o aperto dos parafusos que fixam os isoladores;
- Verificar o estado da borracha de vedação do acoplamento com o trafo elevador;
- Desaterrar o barramento e curto-circuitar as três fases;
- Efetuar ensaio de resistência de isolamento com mega ohmímetro motorizado, aplicando uma tensão de 5 kV durante 1 minuto.

Neste caso, os valores inseridos na ferramenta foram os seguintes:

Figura 8: Avaliação da Tarefa 2.

Nome da Tarefa 2	
Inspeção e Ensaio do Barramento Blindado	
Código do Plano de Trabalho	
PT0002638	
sHERpa - Modelo Rennó-Baschta	
Qual a complexidade de atuação no equipamento?	Médio, equipamento com uso em diversas indústrias
Qual a criticidade do equipamento?	Classe A: Prioridade Alta
Qual o nível de concentração necessário durante a realização da atividade?	Médio, podendo haver distrações esporádicas
Há supervisão durante realização da atividade? Se sim, esporádica ou constante?	Há supervisão constante durante a atividade
Há distrações no local da atividade?	Há pouca distração no local da atividade
Com qual frequência a atividade é realizada pela mesma equipe?	Trimestral, Semestral, Anual ou mais
Qual o atual estado das Instruções / Procedimentos relacionados à esta atividade?	Há instruções / procedimentos, porém desatualizados / incompletos
Equipe realiza treinamentos relacionados à atividade?	Não, a empresa não fornece treinamentos deste tema
Procedimentos e/ou Manuais estão no idioma natural do mantenedor?	Sim, documentação em português
Equipe possui todos os recursos materiais necessários para a realização da atividade?	Sim, equipe possui todos os materiais necessários para a manutenção
Local de realização da atividade é adequado?	Local é apropriado para realização das atividades
Atividade realizada em qual turno?	1º Turno
Atividade realizada durante troca de turno?	Não se aplica
Qual a qualidade da comunicação entre as equipes?	Não se aplica
Qual a experiência da equipe na execução da atividade?	Alto, equipe possui experiência e conhece os passos da atividade
A equipe é consciente com os possíveis impactos decorrentes de uma falha no sistema?	Sim, equipe possui total consciência dos impactos que podem ocorrer

Fonte: Autoria própria (2022).

Por fim, a atividade Limpeza no gerador é realizada na seguinte ordem:

- Efetuar a limpeza nas gavetas atrás dos radiadores de calor;
- Realizar retiradas dos polos;
- Efetuar a limpeza do estator (dutos de ventilação, cunhas e sensor do entreferro);
- Efetuar a limpeza das cabeças de bobinas superiores e inferiores;
- Efetuar a limpeza na cruzeta;

- Efetuar a limpeza na carcaça do gerador;
- Efetuar a limpeza no barril do gerador;
- Efetuar a limpeza nos defletores de ar superior e inferior;
- Verificar o funcionamento do barril;
- Efetuar limpeza interna nas gavetas superiores e inferiores;
- Efetuar inspeção e limpeza no barramento de excitação;
- Efetuar inspeção e limpeza no diafragma inferior e nos conjuntos dos freios e macacos.

Neste caso, as seguintes respostas foram concedidas:

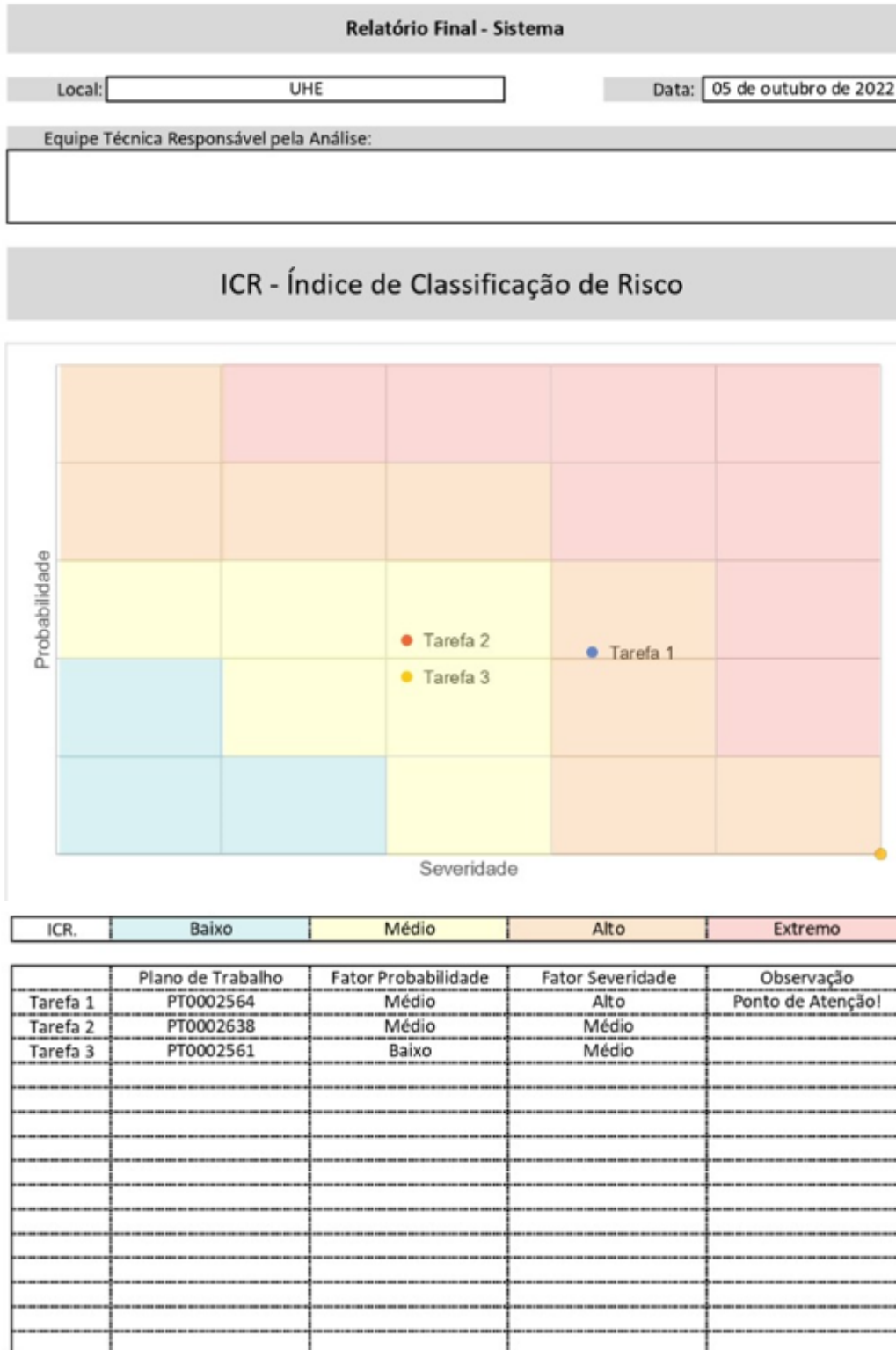
Figura 9: Avaliação da Tarefa 3.

Nome da Tarefa 3	
Limpeza no gerador	
Código do Plano de Trabalho	
PT0002561	
sHERpa - Modelo Rennó-Baschta	
Qual a complexidade de atuação no equipamento?	Médio, equipamento com uso em diversas indústrias
Qual a criticidade do equipamento?	Classe A: Prioridade Alta
Qual o nível de concentração necessário durante a realização da atividade?	Baixo, podendo ser realizado em locais com distrações
Há supervisão durante realização da atividade? Se sim, esporádica ou constante?	Há supervisão constante durante a atividade
Há distrações no local da atividade?	Há pouca distração no local da atividade
Com qual frequência a atividade é realizada pela mesma equipe?	Trimestral, Semestral, Anual ou mais
Qual o atual estado das Instruções / Procedimentos relacionados à esta atividade?	Há instruções / procedimentos disponíveis, atualizados e completos
Equipe realiza treinamentos relacionados à atividade?	Não, a empresa não fornece treinamentos deste tema
Procedimentos e/ou Manuais estão no idioma natural do mantenedor?	Sim, documentação em português
Equipe possui todos os recursos materiais necessários para a realização da atividade?	Sim, equipe possui todos os materiais necessários para a manutenção
Local de realização da atividade é adequado?	Local é apropriado para realização das atividades
Atividade realizada em qual turno?	1º Turno
Atividade realizada durante troca de turno?	Não se aplica
Qual a qualidade da comunicação entre as equipes?	Não se aplica
Qual a experiência da equipe na execução da atividade?	Alto, equipe possui experiência e conhece os passos da atividade
A equipe é consciente com os possíveis impactos decorrentes de uma falha no sistema?	Sim, equipe possui total consciência dos impactos que podem ocorrer

Fonte: Autoria própria (2022).

Tendo em vista as respostas inseridas na ferramenta, o relatório final obtido é a seguir apresentado.

Figura 10: Relatório Final.



Fonte: Autoria própria (2022).

A localização dos pontos se dá de acordo com os cálculos mostrados na figura

Figura 11: Planilha de Cálculos.

Min-Max Perguntas		
	Min	Max
P01	1	10
P02	1	10
P03	1	5
P04	1	10
P05	1	5
P06	1	10
P07	1	10
P08	1	10
P09	1	5
P10	1	10
P11	1	10
P12	1	5
P13	1	5
P14	1	5
P15	1	10
P16	1	10

	Min	Max
Fator Probabilidade	12	90

	Min	Max
Fator Severidade	4	40

Somas Perguntas	Tarefa 1	Tarefa 2	Tarefa 3
P01	10	5	5
P02	10	10	10
P03	5	3	1
P04	1	1	1
P05	3	3	3
P06	10	10	10
P07	1	5	1
P08	10	10	10
P09	1	1	1
P10	1	1	1
P11	5	1	1
P12	1	1	1
P13	0	0	0
P14	0	0	0
P15	0	0	0
P16	1	1	1
Min	10	10	10
Max	80	80	80
Real	33	35	29
%	41%	44%	36%
Fator Probabilidade	Médio	Médio	Baixo
Min	4	4	4
Max	40	40	40
Real	26	17	17
%	65%	43%	43%
Fator Severidade	Alto	Médio	Médio

Riscos	%	
Muito Baixo	0%	17%
Baixo	18%	37%
Médio	38%	59%
Alto	60%	78%
Extremo	79%	100%

Riscos	%	
Muito Baixo	0%	18%
Baixo	19%	39%
Médio	40%	59%
Alto	60%	80%
Extremo	81%	100%

Fonte: Autoria própria (2022).

Tem-se, portanto, a tarefa 1 sendo classificada como “médio” no fator probabilidade e “alto” no fator severidade. A tarefa 2 como “médio” no fator probabilidade e “médio” no fator severidade, e, por fim, no fator probabilidade obteve-se a classificação “baixo” e no fator severidade a classificação “médio”. Essa combinação leva a tarefa 1 a estar localizada na zona de risco alto e as tarefas 2 e 3 na zona de risco médio.

A tarefa classificada na zona de risco alto recebe, no campo “observação” do relatório, um aviso escrito como “ponto de atenção!”, servindo de notificação as equipes responsáveis para que atuem para mitigação do risco existente. Também foi feito o preenchimento do questionário de avaliação da ferramenta, onde se obtiveram os seguintes resultados, conforme figura 12:

Figura 12: Questionário de Avaliação da Ferramenta.

	1 - Discordo totalmente	2 - Discordo em parte	3 - Nem concordo, nem discordo	4 - Concordo em parte	5 - Concordo totalmente
Usaria esta ferramenta com frequência				X	
A ferramenta é de fácil uso					X
Existem instruções claras para o uso da ferramenta				X	
O resultado que obtive é coerente com a realidade					X
Necessito de auxílio para utilizar a ferramenta	X				
Posso aplicar a ferramenta em todas as atividades em que atuo					X
A ferramenta facilita a análise de sistemas com diversas tarefas				X	
A avaliação obtida é distante do que encontro no ambiente analisado	X				
A ferramenta auxilia na identificação e mitigação de riscos			X		
O uso da ferramenta é difícil	X				

Fonte: Autoria própria (2022).

Nestes dados, pode-se aferir que as respostas encontradas com auxílio da ferramenta estão alinhadas com a percepção da equipe atuante in loco, o que referenda o questionário, os pesos e métodos de cálculo utilizados. Os funcionários também confirmaram que utilizariam, reiteradamente, a aplicação, que é de fácil uso

e que ela facilita a análise do erro humano e o risco que representa em um sistema analisado.

A ideia é que essa ferramenta seja utilizada sempre que se identifique uma alteração no cenário da equipe envolvida e da atividade analisada, permitindo, assim, que se obtenha um índice de classificação de risco atualizado e condizente a realidade.

5.2 Síntese e conclusão do capítulo

Neste capítulo decorre-se sobre os resultados obtidos após aplicação *in loco* da ferramenta em três planos de trabalho da área de manutenção de uma usina hidrelétrica, assim como o cálculo realizado pela ferramenta para a apresentação da probabilidade e severidade dos sistemas.

O conteúdo apresentado neste capítulo é de suma importância para a validação da ferramenta, comprovando sua efetividade de acordo com os resultados obtidos estando alinhados com o entendimento do time que a aplicou.

No próximo capítulo será apresentado as considerações finais e sugestões para trabalhos futuros para continuidade das pesquisas neste tema.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com toda a análise bibliográfica foi possível visualizar que ainda faltam aplicações práticas que permitam a análise de diversas tarefas simultâneas. Este trabalho trouxe à luz o uso da metodologia SHERPA de forma aplicada em modelo desenvolvido para a análise quantitativa da confiabilidade humana.

Apesar de não existir uma cultura de mitigação de erros no ambiente analisado, o que torna o trabalho mais complexo, com as respostas fornecidas e a consequente avaliação com uso do índice de classificação de risco teve-se um retorno positivo, conforme validação, que se deu de forma intrínseca, pois a ferramenta comprova o entendimento do time que a aplicou.

Três processos distintos foram analisados, sendo que um deles obteve classificação de risco alto, requerendo planos de ação por parte dos responsáveis pela atividade. Do ponto de vista do funcionamento da ferramenta, os resultados do questionário de avaliação demonstraram que ela é capaz de fornecer resultados condizentes a realidade, além de ser de fácil aplicação.

Há de se considerar que esta é a primeira geração desenvolvida da aplicação, com o avançar dos estudos e uso mais recorrente, ferramentas mais detalhadas poderão ser desenvolvidas e aplicadas.

6.1. Sugestões de trabalhos futuros

Visando o desenvolvimento do tema e da ferramenta, serão apresentadas algumas sugestões de continuidade das pesquisas neste assunto: em primeira iniciativa, a aplicação da análise nos resultados obtidos como correções dos possíveis erros humanos nas atividades. Apenas saber que um sistema possui alta probabilidade de erro humano não resolverá nada se as pendências não forem remediadas.

A aplicação foi concebida no nível de atividades globais podendo ser subdividida para a utilização no nível de etapas em projetos futuros. Atualmente analisa-se o risco com base nas etapas globais da atividade (retirar chaparia). Porém, com uma equipe mais familiarizada com a análise de risco humano, será possível verificar as etapas individuais de cada atividade (desconectar aterramento das

chaparias, verificar a identificação das borrachas, retirar a chaparia, empilhar as chaparias menores em pilhas de no máximo sete...).

Outros aprimoramentos possíveis estão na parte tecnológica com o aumento do número de avaliações simultâneas e até mesmo com o desenvolvimento de uma aplicação dedicada compatível com computadores pessoais e dispositivos móveis. O Microsoft Excel é uma ferramenta de simples aplicação, porém não possui fácil manutenção, escalabilidade e não conta com segurança contra adulterações.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Expansão na matriz elétrica foi de 200 MW em abril, com acréscimos em cinco estados**. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2022/expansao-na-matriz-eletrica-foi-de-200-mw-em-abril-com-acrescimos-em-cinco-estados>
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**: 1994. Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- BORGES, Fabio Moraes; MENEGON, Nilton Luiz. Fator humano: confiabilidade às instabilidades do sistema de produção. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, n. 4, p. 37, 2009.
- CAMPOS, Márcia de Borba. SÁNCHEZ, Jaime. HTMaster: uma ferramenta para apoio ao ensino e aprendizagem de Modelos Hierárquicos de Tarefas. **Nuevas Ideas en Informática Educativa TISE**, 2013.
- CARVALHO, Guilherme Rodrigues Silva de. **Fatores que influenciam a análise de confiabilidade humana na execução de tarefas de manutenção**. 2021. 76 f., il. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) — Universidade de Brasília, Brasília, 2021. Disponível em: <https://bdm.unb.br/handle/10483/29602>
- CARVALHO, P.V.R; VIDAL, M.C.R. Programa de pesquisa em ergonomia e fatores humanos da Comissão Nacional de Energia Nuclear. In: **Anais do X Congresso Brasileiro de Ergonomia-CD, ABERGO**, Rio de Janeiro. 2000.
- CAUS, Tuane Regina. MICHELS, Ademar. **Energia hidrelétrica: eficiência na geração**. Pós-Graduação em Eficiência Energética Aplicada aos Processos Produtivos. 2014. Disponível em: <http://repositorio.ufsm.br/handle/1/1380>. Acesso em: 30 nov. 2021.
- CHOI, Jae-Rim; HAN, Hyeok Jae; HAM, Dong-Han. Predicting Human Errors in Landing Situations of Aircraft by Using SHERPA. **Journal of the Korean Society for Aviation and Aeronautics**, v. 29, n. 2, p. 14-24, 2021.
- CONCEIÇÃO, Vivian Manuela; GUIZZO, Camila Pereira; SANTOS, Alex Álisson Bandeira. Confiabilidade Humana e Processo Industrial: Análise de um procedimento operacional para melhoria da produtividade. In: **Workshop de Gestão, Tecnologia Industrial e Modelagem Computacional**. 2017.
- CORREA, Cármen Regina Pereira; CARDOSO JUNIOR, Moacyr Machado. Análise e classificação dos fatores humanos nos acidentes industriais. **Production**, v. 17, n. 1, p. 186-198, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/prod/a/zmmLcCK9KqZt9XsRwbfhVYG/?lang=pt>. Acesso em: 30 nov. 2021.

EPE – EMPRESA, D. E. PESQUISA ENERGÉTICA – **Matriz energética e elétrica**. 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 30 nov. 2021.

FILGUEIRAS, Lúcia Vilela Leite. **APIS: Método para Desenvolvimento de Interfaces Homem-Computador em Sistemas de Segurança Visando a Confiabilidade Humana**. Escola Politécnica da USP, São Paulo, Brasil, 1999.

GHASEMI, Mehdi et al. Application of SHERPA to identify and prevent human errors in control units of petrochemical industry. **International journal of occupational safety and ergonomics**, v. 19, n. 2, p. 203-209, 2013. Disponível em: https://core.ac.uk/reader/52414829?utm_source=linkout

GUIRRO, Amanda Caldeira. **Análise da confiabilidade humana relacionada a bombas de infusão do Hospital de Clínicas de Uberlândia**. 2017. 102 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Biomédica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

HUGHES, Charmayne ML et al. The application of SHERPA (Systematic Human Error Reduction and Prediction Approach) in the development of compensatory cognitive rehabilitation strategies for stroke patients with left and right brain damage. **Ergonomics**, v. 58, n. 1, p. 75-95, 2015.

REASON, James. Human error: models and management. **BMJ**, v.320(7237): p.768–770, 2000. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1117770/>. Acesso em: 30 nov. 2021.

SANDOM, Carl; HARVEY, Roger S. (Ed.). **Human factors for engineers**. 1st ed, 2004. Disponível em: <https://ftp.idu.ac.id/wp-content/uploads/ebook/ip/BUKU%20ERGONOMI/BUKU%20INGGRIS/Human%20Factors%20for%20Engineers.pdf#page=178>

SANTOS, Isabel Cristina dos; VIEIRA, Ana Maria; MIRANDA KUBO, Edson Keyso de. Uma Análise da Comunicação em Atividades Complexas. **Revista Administração em Diálogo - RAD**, v. 14, n. 3, 2012.

SANTOS, Rodrigo Miguel dos; SÁ RODRIGUES, Marilsa de. O erro humano na manutenção de aeronaves: fatores causadores e seu impacto para os acidentes aeronáuticos nos últimos 20 anos no Brasil. **Latin American Journal of Business Management**, v. 11, n. 1, 2020.

SILVA, Bruna Grazielly de Jesus et al. Confiabilidade Humana: uma abordagem atual do erro humano. **Anais do IX SIMPROD**, 2017. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/7676/2/ConfiabilidadeHumanaAbordagemErro.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2021.

SOUZA, Fernanda Patrícia Santos de; FIRMINO, Paulo Renato Alves; DROGUETT, Enrique Lopez. A análise confiabilidade humana: uma revisão comentada da literatura. XLII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional - SBPO, Bento Gonçalves, 2009.

STANTON, Neville A. Systematic human error reduction and prediction approach (SHERPA). In: **Handbook of human factors and ergonomics methods**. CRC Press, 2004. p. 394-403. Disponível em:
<https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9780203489925-48/systematic-human-error-reduction-prediction-approach-sherpa-neville-stanton>

STANTON, Neville Anthony et al. (Ed.). **Handbook of human factors and ergonomics methods**. CRC press, 2005.

SWAIN, Alan D.; GUTTMANN, Henry E. **Handbook of human-reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications. Final report**. Sandia National Labs., Albuquerque, NM (USA), 1983.

APÊNDICE A - Página inicial da ferramenta metodologia adaptada SHERPA

Página inicial da ferramenta metodologia adaptada SHERPA.

Informações Básicas de Análise		Modo de Uso
Sistema Analisado:	<input type="text"/>	<p>Bem vindo à ferramenta SHERpa - Modelo Rennó-Baschta. <nome provisório></p> <p>Veja abaixo o passo a passo para a correta utilização da ferramenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Abra a planilha no modo "apenas leitura"/"read-only"; • Preencha os dados do sistema analisado no campo "Informações Básicas de Análise" na aba "Guia"; • Insira o número de tarefas que serão analisadas para este sistema, e pressione o botão "GERAR GUIAS DE TAREFAS", na aba "Guia", em amarelo; • Preencha todas as informações sobre seu sistema nas abas que foram abertas (uma aba pra cada atividade de seu sistema); • Após todos os dados estarem preenchidos, retorne à aba "Guia" e pressione o botão "GERAR RELATÓRIO FINAL", em laranja; <p>• Caso deseje imprimir o relatório em formato .pdf, pressione o botão "IMPRIMIR RELATÓRIO", em azul;</p> <p>• Caso deseje salvar uma cópia da planilha referente à atividade analisada, pressione o botão "CRIAR CÓPIA DA PLANILHA", em verde;</p> <p>• Caso deseje esconder as abas abertas, pressione o botão "Esconder Abas", em cinza.</p>
Local:	<input type="text"/>	
Equipe Técnica:	<input type="text"/>	
	<input type="text"/>	
Data da Análise:	<input type="text"/>	
	<input type="text"/>	
	Insira o número de tarefas que serão analisadas para este sistema (de 1 à 15), e pressione o botão abaixo	
GERAR GUIAS DE TAREFAS		
GERAR RELATÓRIO FINAL	Esconder Abas	
CRIAR CÓPIA DA PLANILHA	IMPRIMIR RELATÓRIO	

Formulário e solução desenvolvidos pelos alunos **Bruno Eduardo Baschta** e **Bruno Rennó Fagundes Cunha**, graduandos de Engenharia Elétrica pela UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, para a disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, 2022/2, sob orientação do **Prof. Dr. Marcelo Rodrigues**.

APÊNDICE B - Questionário da metodologia adaptada SHERPA

Questionário da metodologia adaptada SHERPA.

Nome da Tarefa 1	
< preencha aqui o nome da atividade que está sendo avaliada >	
Código do Plano de Trabalho	
< preencha aqui o código da PT que está sendo avaliada >	
sHERpa - Modelo Rennó-Baschta	
Qual a complexidade de atuação no equipamento?	
Qual a criticidade do equipamento?	
Qual o tipo de impacto de uma falha no sistema?	
Qual a complexidade para recuperação do sistema em caso de erros? <i>(caso haja erro durante a manutenção, qual a probabilidade de encontrá-lo antes de iniciar o sistema)</i>	
Qual o nível de concentração necessário durante a realização da atividade?	
Há supervisão durante realização da atividade? Se sim, esporádica ou constante?	
Há distrações no local da atividade? <i>(distrações sonoras, distrações visuais, alto fluxo de pessoas, etc...)</i>	
Qual o nível de motivação da equipe? <i>(equipe possui hierarquia bem definida, distribuição salarial de acordo com o mercado, ambiente de trabalho favorável, etc...)</i>	
Equipe de manutenção possui experiência com o sistema?	
Equipe realiza treinamentos relacionados à atividade?	
Há procedimentos detalhados relacionados a manutenção deste de fácil acesso?	
Procedimentos e/ou Manuais estão no idioma natural do mantenedor?	
Equipe possui todos os recursos materiais necessários para a realização da atividade?	
Local de realização da atividade é adequado? <i>(espaço para movimentação, iluminação, limpeza, etc...)</i>	
Atividade realizada em qual turno? <i>(das 06h às 15h; 15h às 23h; 23h às 06h)</i>	
Atividade realizada durante troca de turno?	
Qual o nível do trabalho em equipe? <i>(Compartilhamento de conhecimento, a coordenação de funções, a passagem de turno e o trabalho em conjunto)</i>	
Qual a qualidade da comunicação entre as equipes? <i>(Quem livra o turno deve explicar detalhadamente o que ocorreu e a condução de seus trabalhos para quem chegar possa continuar o trabalho corretamente)</i>	
Qual o nível de confiança da equipe para com a atividade de manutenção do sistema? <i>(Na medida em que o profissional ganha conhecimento e experiência, uma sensação de satisfação e falsa confiança pode ocorrer.)</i>	
A equipe é consciente com os possíveis impactos decorrentes de uma falha no sistema? <i>(A falha é definida como uma falha em reconhecer uma situação, entender do que se trata e prever todas as possíveis consequências.)</i>	

APÊNDICE C - Exemplo de relatório final

APÊNDICE D - Questionário de avaliação da ferramenta

Questionário de avaliação da ferramenta.

SHERPA – Modelo Adaptado

Avaliação da Ferramenta

Nome: _____

Setor: _____

Data: _____

Preencha a tabela a seguir, de acordo com a avaliação sobre as afirmações a seguir.

	1 - Discordo totalmente	2 - Discordo em parte	3 - Nem concordo, nem discordo	4 - Concordo em parte	5 - Concordo totalmente
Usaria esta ferramenta com frequência					
A ferramenta é de fácil uso					
Existem instruções claras para o uso da ferramenta					
O resultado que obtive é coerente com a realidade					
Necessito de auxílio para utilizar a ferramenta					
Posso aplicar a ferramenta em todas as atividades em que atuo					
A ferramenta facilita a análise de sistemas com diversas tarefas					
A avaliação obtida é distante do que encontro no ambiente analisado					
A ferramenta auxilia na identificação e mitigação de riscos					
O uso da ferramenta é difícil					