



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MILENE KAROLYNE DE SOUZA

**AVALIAÇÃO E ANÁLISE DE FORNO INDUSTRIAL DO SETOR DE LOUÇAS
SANITÁRIAS ATRAVÉS DE FMECA**

Caruaru

2023

MILENE KAROLYNE DE SOUZA

**AVALIAÇÃO E ANÁLISE DE FORNO INDUSTRIAL DO SETOR DE LOUÇAS
SANITÁRIAS ATRAVÉS DE FMECA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Engenharia de Confiabilidade

Orientador: Prof. Dr. Caio Bezerra Souto Maior

Caruaru

2023

Souza, Milene Karolyne de .

Avaliação e análise de forno industrial do setor de louças sanitárias através de FMECA2023 / Milene Karolyne de Souza. - Caruaru, 2023.

48 p. : il., tab.

Orientador(a): Caio Bezerra Souto Maior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2023.

Inclui referências, apêndices.

1. Análise de riscos. 2. FMECA. 3. Indústria de louças sanitárias. I. Maior, Caio Bezerra Souto. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

MILENE KAROLYNE DE SOUZA

**AVALIAÇÃO E ANÁLISE DE FORNO INDUSTRIAL DO SETOR DE LOUÇAS
SANITÁRIAS ATRAVÉS DE FMECA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovada em: 20/09/2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Caio Bezerra Souto Maior (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Renata Maciel de Melo (Examinadora interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. July Bias Macedo (Examinadora externa)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus, por ter me dado forças para perseverar e não desistir durante essa árdua jornada.

Agradeço à parte mais fundamental da minha vida: minha família. Ao meu pai, Sivanildo, por ter me mostrado que meu verdadeiro valor transcende qualquer diploma. A minha irmã, Kalyne, por ter sido minha primeira inspiração e exemplo de coragem. A minha mãe, Antonia, por ter sido minha rocha nos meus momentos mais difíceis; a sua confiança em mim, minha, me fez acreditar que eu poderia ser alguém melhor e me deu forças para continuar.

A minhas amigas Bianca Maria, Maria Luiza e Thalita Oliveira, por dividir a tensão e as alegrias da rotina acadêmica, e por todas as vezes que foram minha família fora de casa. À Maria Clara e Manoel Lopes, pelo coleguismo no trabalho e amizade fora dele, e por todo o apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Professor Caio, por aceitar conduzir meu trabalho de pesquisa, e pela presteza e solicitude desde o primeiro contato.

Por fim, agradeço a todos que de forma direta ou indireta, contribuíram não somente para minha formação como profissional, mas também como pessoa, durante este percurso.

RESUMO

A competitividade de mercado requer que as empresas ofereçam processos produtivos otimizados, seguros e com baixo índice de falhas, de forma a atingir um desempenho satisfatório. Nesse contexto, aumentar a confiabilidade e melhorar a segurança dos sistemas é fundamental para assegurar o pleno funcionamento das operações. Este trabalho apresenta a utilização da ferramenta FMECA - Análise de Criticidade, Modos e Efeitos de Falha - em um forno industrial em uma indústria de louças sanitárias, cujo antecessor apresentava falhas que resultaram em perdas de peças e paradas no processo. A implementação da ferramenta destinou-se a propor ações que visam à redução da chance de ocorrência de falhas potenciais no forno estudado. O formulário FMECA foi desenvolvido e apontou os principais modos de falha do equipamento, bem como as suas criticidades, determinadas através do cálculo do Número de Prioridade de Risco. Foram determinadas faixas de valores de RPN que resultaram na categorização de três grupos de risco. Modos de falha com valores de RPN compreendidos entre 0 e 16 formaram o grupo “Não Crítico”, aqueles com valores superiores a 16 e inferiores a 30 integraram o grupo “Merece Atenção”, e aqueles com valores superiores a 30 foram designados ao grupo “Críticos”. Ao final da análise, optou-se por priorizar os modos categorizados dentro dos dois últimos grupos na proposta das ações de melhoria recomendadas.

Palavras-chave: análise de riscos; FMECA; indústria de louças sanitárias.

ABSTRACT

Market competition requires companies to offer optimized, safe and low-failure production processes in order to achieve satisfactory performance. In this context, increasing reliability and improving the security of systems is essential to ensure the full functioning of operations. This work presents the use of the FMECA tool - Failure Modes, Effects and Criticality Analysis- in a tunnel kiln in a sanitary ware industry, whose predecessor had failures that resulted in loss of parts and stoppages in the process. The implementation of the tool was intended to propose actions aimed at reducing the chance of potential failures occurring in the kiln studied. The FMECA worksheet was developed and pointed out the main equipment failure modes, as well as their criticality, determined by calculating the Risk Priority Number. Ranges of RPN values were determined and resulted in the categorization of three risk groups. Failure modes with RPN values between 0 and 16 formed the “Not Critical” group, those with values greater than 16 and less than 30 integrated the “Deserves Attention” group, and those with values greater than 30 were assigned to the “Critics”. At the end of the analysis, it was decided to prioritize the categorized modes within the last two groups in the proposal of recommended improvement actions.

Keywords: risk analysis; FMECA; sanitary ware industry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Processo de Gestão de Riscos	16
Figura 2 -	Modelo de Formulário FMECA	18
Figura 3 -	Fluxo típico de aplicação do FMECA	20
Figura 4 -	Fluxograma do Processo Produtivo de Louças Sanitárias	25
Figura 5 -	Visão lateral do forno e Carregamento de peças	26
Figura 6 -	Exemplo de atribuição de valores à variável Severidade	32
Figura 7 -	Exemplo de atribuição de valores à variável Detecção	33

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Escala de Severidade	28
Quadro 2 -	Escala de Ocorrência	29
Quadro 3 -	Escala de Detecção	29
Quadro 4 -	Etapa 1 do preenchimento da planilha FMECA	31
Quadro 5 -	Etapa 3 do preenchimento da planilha FMECA	34
Quadro 6 -	Criticidade dos Modos de Falha	34
Quadro 7 -	Destaque dos grupos de acordo com sua criticidade	35

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	OBJETIVOS.....	13
1.1.1	Objetivo geral.....	13
1.1.2	Objetivos específicos.....	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1	FALHAS, CONFIABILIDADE, MANUTENÇÃO.....	14
2.2	RISCO.....	15
2.3	EXPLORANDO FMEA E FMECA.....	17
3	METODOLOGIA APLICADA.....	23
3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA.....	23
3.2	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	24
3.2.1	A Empresa.....	24
3.2.2	O processo produtivo.....	24
3.2.3	Descrição do processo de Enfornamento.....	26
3.2.4	Descrição do problema.....	27
3.2.5	Descrição das etapas.....	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	29
5	CONCLUSÕES.....	37
	REFERÊNCIAS.....	38
	APÊNDICE A- FORMULÁRIO FMECA.....	47
	APÊNDICE B - LISTA DE DEFEITOS PROVENIENTES DO	
	ENFORNAMENTO.....	48

1 INTRODUÇÃO

No contexto global de crescente concorrência, a busca das organizações por mecanismos que lhes permitam destaque é constante dentro do cenário competitivo. Para atingir tal objetivo, pode-se buscar a redução da ocorrência de falhas e diferentes tipos de perdas, potencializando o desempenho de seus processos (MAGALHÃES, 2020). De acordo com Lemes e Hvam (2019), para atingir a excelência, é necessário que os equipamentos funcionem de forma eficiente e produtiva, e ressaltam que a produtividade no contexto industrial está relacionada com zero paradas durante a vida operacional da máquina. Em grande parte, o tempo de atividade de equipamentos sofre redução devido à ocorrência de falhas de suas partes (NURPRIHATIN; ANGELY; TANNADY, 2019).

Nesse contexto, a falha pode ser definida como uma condição que interrompe o sistema e o impede de executar uma função requerida (PARK; FAN; HSU, 2020). Segundo Menezes (2020), quanto mais cedo a falha for detectada, menor será o custo de seu reparo e a proporção de seu impacto, uma vez que a falha de um componente isolado pode comprometer a integridade de um equipamento, tornando-se incapaz de funcionar adequadamente, ou até mesmo acarretar a parada total do sistema (LV et al., 2021). Assim, o aperfeiçoamento de processo e agilidade para resolução de paradas em sistemas e equipamentos se mostram como meios indispensáveis para as empresas atingirem a melhora do seu desempenho (FURSTENAU et al., 2019).

Um dos maiores desafios do ambiente industrial é a presença do risco e o processo decisório subsequente à sua percepção (MAGALHÃES, 2020). Conforme pontuam Santos, Oliveira e Rocha (2018), é possível que os eventos ocorram diferente do planejado, por isso as empresas precisam saber identificar as possíveis causas das falhas e quantificar seu impacto a fim de evitar consequências de grandes proporções sobre seus negócios. Metodologias e técnicas de detecção precoce de falhas têm se aprimorado ao longo dos anos para assegurar o controle de custos, garantir o funcionamento contínuo, bem como a segurança e a confiabilidade dos sistemas produtivos (AHMED; RAZA; AL-ANAZI, 2020). De acordo com Chen e Patton (2012), a detecção de falhas é um aspecto chave para aumentar a confiabilidade e evitar altos custos com quebras de ativos dentro da indústria. Ahmed, Raza e Al-Anazi (2020) ainda reforçam que para evitar perdas, manter custos com reparo sob controle, e assegurar a confiabilidade, é necessário detectar previamente falhas potenciais, assim ações corretivas podem ser planejadas e executadas de maneira apropriada.

Confiabilidade é, em termos simples, a probabilidade de um item desempenhar a sua função, por um intervalo de tempo, sob condições operacionais definidas (TEIXEIRA, 2021). Atualmente, a confiabilidade exerce um papel importante com o grande aumento da complexidade de produtos e sistemas (WANG, 2021). Existe uma variedade de técnicas que podem ser empregadas para identificar riscos, aumentar a confiabilidade e auxiliar na tomada de decisões (ANES et al., 2018). Entre elas, existe a Análise do Modo e Efeito de Falha (FMEA), empregada no rastreamento de possíveis falhas (OYUANG et al, 2022).

FMEA é uma técnica utilizada para identificar modos de falhas potenciais no sistema, objetivando minimizar ou eliminar suas ocorrências (SOUZA, 2017). O FMEA tradicional classifica cada modo de falha de acordo com sua Severidade, Ocorrência e Detecção usando escalas de classificação (ANES et al, 2018). A técnica geralmente tem sua aplicação estendida através de um procedimento de Análise de Criticidade (CA) que classifica os modos de falha identificados de acordo com suas criticidades. Segundo Herpich e Fogliatto (2013), a CA é um método quantitativo utilizado para classificar os modos e efeitos de falhas críticas levando em consideração suas probabilidades de ocorrência. A combinação entre a Análise de Criticidade e o FMEA corresponde à Análise da Criticidade, Modos e Efeitos de Falha (FMECA) (LIPOL, HAQ, 2011). Logo, o FMECA avalia modos de falha e seus efeitos, e prioriza o seu nível de importância com base na gravidade do efeito da falha, identificando os itens mais críticos (SINGH; SINGH; SINGH; 2019).

Pires (2018) descreve os equipamentos críticos como aqueles cuja falha tem o maior impacto potencial sobre os objetivos finais da empresa. Segundo Pedrosa (2014), entre os benefícios decorrentes da aplicação do FMECA encontra-se a determinação de partes do sistema que demonstram uma tendência para serem menos confiáveis, de forma a possibilitar alterações no sistema ou o direcionamento do plano de manutenção para as áreas que requerem maior atenção.

Há na literatura vários exemplos de aplicações práticas da FMEA/FMECA em áreas diversas e processos. Por exemplo, Sahoo et al. (2014) aplicaram FMECA para a análise de compressores alternativos na indústria de processamento de hidrocarbonetos, elaborando um plano de manutenção e determinando a estratégia de manutenção adequada à cada componente com base no valor de *risk priority number* (RPN) calculado, similar à Pancholi e Bhatt (2018), que propuseram melhorias para as atividades de manutenção a partir da identificação dos equipamentos críticos em uma fábrica de laminação de fios de alumínio. Souza (2017) aplicou FMEA para analisar e otimizar o processo de envase de refrigerantes em uma indústria de

bebidas, obtendo como resultados um aumento de 15% na produtividade do processo e redução do descarte em 16% após a sua implementação. Menezes et al. (2018) analisaram o processo de preparo e distribuição de refeições em um restaurante universitário em Sergipe, e através da FMEA, desenvolveram um plano de melhorias entregue à Administração do restaurante. De maneira similar, Araújo et al. (2019) implementaram FMEA na análise de equipamentos de restaurante universitário no Espírito Santo, resultando na elaboração de um *checklist* para oferecer suporte na execução da manutenção preventiva da câmara fria, identificada como o equipamento mais crítico. Fragassa et al. (2014) utilizaram FMECA para investigar os efeitos de falhas de projeto no caso de plantas complexas para limpeza de moldes de aço na produção de pneus enquanto Zanchetta (2022) aplicou a ferramenta no sistema de fiscalização eletrônica de transporte para identificar as possíveis falhas na captura de dados sobre o tráfego urbano na cidade do Rio de Janeiro.

Adicionalmente, Chanamool e Naenna (2016), destacaram a importância do FMEA para priorizar e avaliar falhas associadas ao processo de trabalho em uma emergência hospitalar enquanto Chiozza e Ponzetti (2009) aplicaram FMEA na análise de processos laboratoriais para reduzir os erros médicos, obtendo como resultado a redução do RPN nos processos de tipagem sanguínea, sistema de teste de cabeceira e analitos de química clínica. Fernandes (2020) desenvolveu um método para gestão de riscos em barragens associando identificação de riscos a partir de árvore de eventos e análise de falhas a partir de FMEA e cálculo do RPN. Finalmente, Santos (2018) realizou um estudo de caso em uma empresa de alta tecnologia, analisando como o gerenciamento da qualidade no processo de elaboração do serviço em nuvem podia ser melhorado com a aplicação de FMECA.

Diante da corrente utilização da ferramenta como suporte na estruturação de planos de manutenção e ações de melhoria, o presente estudo tem como proposta identificar, através da aplicação da ferramenta FMECA, as falhas potenciais em um forno industrial de uma fábrica de louças sanitárias e implementar as ações necessárias nas áreas críticas com o intuito de reduzir o número de não conformidades decorrentes das falhas ocorridas em seus subsistemas.

A escolha pela ferramenta alinhou-se ao problema estudado no forno industrial estudado, uma vez que a sua aplicação prática associa uma abordagem qualitativa a uma abordagem quantitativa na análise das operações, riscos e falhas potenciais do objeto de estudo. E, em adição, por fornecer um enquadramento estruturado que proporciona um melhor direcionamento na recomendação de ações necessárias para conduzir o processo a um nível de risco aceitável.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Desenvolver uma proposta de melhorias para aprimoramento do processo de um forno industrial em uma fábrica de louças sanitárias, a partir da avaliação de seus potenciais modos de falha e níveis de risco associados através da aplicação da ferramenta FMECA.

1.1.2 Objetivos específicos

- a) Analisar trabalhos realizados na área de análise de riscos e falhas por meio de revisão de literatura;
- b) Compreender a condução da implementação da ferramenta FMECA;
- c) Entender o funcionamento do sistema do forno industrial na fabricação de louças sanitárias;
- d) Identificar os modos de falha potenciais, seus efeitos e causas, e calcular os níveis de risco e criticidade associados;
- e) Propor ações de melhoria para redução ou mitigação das falhas potenciais identificadas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção apresenta uma visão geral sobre os conceitos abordados na temática do presente trabalho. A abordagem inicia-se pela definição de conceitos básicos iniciais cuja compreensão é essencial para a correta aplicação da ferramenta utilizada neste estudo, e prossegue com o conceito motivador do estudo, Confiabilidade, seguida da definição de Manutenção, Risco, FMEA e FMECA.

2.1 FALHAS, CONFIABILIDADE E MANUTENÇÃO

Segundo Baran (2011), entende-se falha como sendo a alteração na capacidade de um item em exercer sua função requerida. É a anormalidade de um determinado ativo em desempenhar a sua função (JESUS; SILVA, 2022). Falha potencial é uma condição identificável da iminência de uma falha funcional. Ou seja, é a falha no estágio inicial, que tem potencial de agravamento. (MOUBRAY, 1997). A manifestação da falha, por sua vez, é o modo de falha. De acordo com Fogliatto e Ribeiro (2011), é a maneira com que um item pode falhar em atender aos requisitos do projeto.

Para Meneghini e Zaions (2019), um modo de falha pode ser definido como qualquer evento que possa levar um item físico a falhar, em outras palavras, que cause a falha funcional. A consequência da ocorrência da falha é o Efeito de Falha. É a maneira com que o modo de falha vai impactar o resultado final percebido pelos clientes (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011). Em contrapartida, o efeito desencadeador da falha é a Causa da falha, e corresponde aos motivos que induzem o surgimento da falha (BARAN, 2011).

É fundamental a realização de uma avaliação do comportamento dos sistemas para garantir que eles possuam a capacidade de evitar falhas mais frequentes e severas do que o aceitável, isto é, possuam um alto nível de confiabilidade (KABIR; PAPADOPOULOS, 2019). Para Menegatti (2017), a confiabilidade está associada com o sucesso de execução de uma operação, ausente de falhas ou quebras.

A confiabilidade de um componente, equipamento ou sistema corresponde à probabilidade de que cumpra sua função, sob condições especificadas, dentro de um período de tempo previsto (FOGLIATO; RIBEIRO, 2011). É a probabilidade de um equipamento executar sua função de forma adequada, por um período determinado de tempo, sob condições específicas (PONCE; ROLLEMBERG; OLIVEIRA; 2019). De acordo com Martins (2013), analisar a confiabilidade consiste em realizar uma análise sistemática de uma instalação

industrial, ainda na fase de projeto ou já em operação, com a finalidade de identificar os riscos presentes em seus sistemas.

Segundo Braile e Andrade (2013), a confiabilidade abrange a coleta de dados de falhas e análises estatísticas que possibilitam a estimação do tempo de funcionamento de um equipamento sem que o mesmo apresente falhas, e um planejamento mais adequado das tarefas de manutenção. Manutenção, para Slack, Chambers e Johnston (2002), é um termo que designa a forma pela qual as organizações tentam evitar as falhas, objetivando o cuidado com suas instalações físicas.

Conforme definido pela ABNT NBR 5462 (1994), é um conjunto de ações técnicas e administrativas com o objetivo de manter ou restituir um item ao estado em que consiga desempenhar sua função pretendida. Para Abreu (2023), a manutenção de sistemas e equipamentos é fundamental para assegurar a eficiência e segurança dos ativos da indústria.

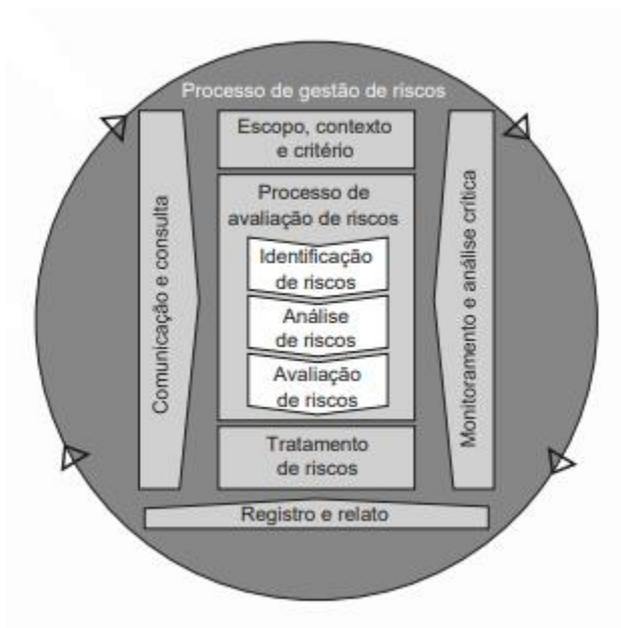
Santos (2022), comenta que as organizações devem garantir a confiabilidade das máquinas e equipamentos através da gestão estratégica da manutenção, para manter-se competitivas no mercado. Zaions (2003), discorre sobre a importância das atividades de manutenção, uma vez que visam à prevenção de falhas e a garantia da execução dos processos dentro de sua vida útil e parâmetros pré-estabelecidos. A análise de falhas, portanto, se mostra como uma ferramenta importante na manutenção, mas a sua eficácia depende da escolha da metodologia adequada (ABREU, 2023).

2.2 RISCO

Martins (2013), conceitua risco como a incerteza futura que avalia o potencial efeito de um evento em termos de sua probabilidade de ocorrência e da intensidade de suas consequências. Conforme conceitua a ABNT NBR 31000 (2018), risco é o efeito da incerteza nos objetivos, sendo esse efeito um desvio em relação ao esperado, podendo ser positivo, negativo, ou ambos, e ter como resultado oportunidades ou ameaças.

A norma trata do gerenciamento de riscos estabelecendo os princípios e diretrizes para a gestão de riscos, e estabelece as atividades a serem desempenhadas pelas organizações ao gerenciar riscos, e podem ser empregadas em organizações de variados setores no direcionamento de suas ações, A depender do contexto, se essas atividades já forem exercidas na rotina da empresa, podem ser melhoradas ou adaptadas de acordo com a natureza de cada uma. As atividades podem ser visualizadas na Figura 1.

Figura 1- Processo de Gestão de Riscos



Fonte: ABNT NBR ISO 31000, (2018)

Como pode ser visualizado na Figura 1, a comunicação e consulta são elementos importantes no processo de gestão de riscos, logo, convém o estabelecimento de uma rotina com comunicação clara e contínua, e com troca de informações entre as partes envolvidas em todas as fases dos processos da organização. Escopo, critério e contexto compreende o entendimento da empresa sobre seus objetivos, resultados esperados, recursos requeridos, responsabilidades, relacionamentos entre processos e atividades, e o ambiente no qual a gestão de riscos será aplicada (ABNT, 2018).

O processo global de avaliação de riscos contempla as atividades de:

- a) Identificação de riscos;
- b) Análise de riscos;
- c) Avaliação de riscos.

É recomendado que o processo de avaliação de riscos seja conduzido de forma iterativa e colaborativa, com base no conhecimento de todas as partes envolvidas (ABNT, 2018). A

atividade “a” tem como finalidade a identificação e reconhecimento dos riscos que possam ameaçar o alcance de seus objetivos finais. A atividade “b” envolve a compreensão dos riscos identificados, sua natureza e características, causas e consequências, probabilidades de ocorrência, e ainda a averiguação da existência ou não de controles que permitam a verificação de sua eficácia frente aos riscos aos quais estejam associados. A atividade “c” funciona como um elemento de apoio à tomada de decisão sobre a necessidade de condução de ações com base nos pontos levantados nas atividades anteriores (ABNT, 2018).

O tratamento de riscos contempla iniciativas voltadas ao controle dos riscos e seleção das opções de tratamento mais apropriadas. O monitoramento e análise crítica objetivam a continuidade da eficácia das medidas adotadas no combate aos riscos, e devem ser realizados periodicamente e contemplar todas as etapas do processo (ABNT, 2018).

Segundo Pereira (2014), a noção de risco está sempre atrelada a três componentes: causa, evento e impacto. O gerenciamento do risco exercido de forma eficaz pode impedir o insucesso de uma empresa e aumentar a sua possibilidade de sucesso, tanto pela perspectiva de explorar as oportunidades quanto pela perspectiva de evitar problemas e perdas (DEWI; SYAIRUDIN; NIKMAH, 2015). No ambiente industrial, as organizações devem empregar meios que evitem erros e assegurem a qualidade em seus processos de fabricação, que está fortemente relacionada com a capacidade das organizações de prevenir e superar os riscos de falha ((NUCHPHO; NANSAARNG; PONGPULLPONSAK, 2019).

Oliveira, Paiva e Almeida (2010), ponderam sobre a importância da utilização de técnicas de análise na identificação dos fatores causadores das falhas. Existem diversas técnicas descritas na literatura acadêmica e no rol normativo que podem ser aplicadas na análise e avaliação de riscos. A ABNT NBR ISO/IEC 31010 (2012), relata um conjunto de mais de dez técnicas que podem ser empregadas nesse procedimento, e entre elas estão o FMEA, direcionadas à análise de modos, efeitos de falha, e o FMECA, que analisa modo, efeito e a criticidades de falhas. Ambas as técnicas, FMEA e FMECA, são utilizadas para identificar falhas potenciais e seus efeitos em um sistema, subsistema ou processo; a diferença entre as duas reside no nível de detalhamento e as informações que fornecem como resultado (SAHAYAM, 2023).

2.3 EXPLORANDO O FMEA E O FMECA

FMEA é uma metodologia destinada a identificar modos potenciais de falha de um produto ou processo antes da ocorrência do problema, para avaliar os riscos (LIPOL; HAQ,

2011). Segundo Beiranvand e Rajae (2023), FMEA é uma efetiva ferramenta analítica para identificar causas raízes, ocorrências e consequências de falhas potenciais que podem ocorrer de forma sistemática em produtos e processos. Sahayam (2023) define FMEA como uma abordagem sistemática e estruturada para identificar falhas potenciais e seus riscos associados, bem como desenvolver estratégias de mitigação para reduzir ou eliminar os riscos identificados. Segundo Fogliatto e Ribeiro (2011) os principais objetivos do FMEA são:

- a) Detectar e avaliar falhas potenciais que podem ocorrer em um produto ou processo;
- b) Identificar ações que possam reduzir ou eliminar as chances de ocorrência das falhas;
- c) Fornecer um referencial técnico que possa auxiliar em revisões e desenvolvimentos futuros.

Para Schmitt e Lima (2016), o FMEA é uma ferramenta que objetiva a identificação de modos de falhas mais propícios a causar falhas no equipamento em análise e propor ações como forma de contenção dos modos identificados para reduzir suas chances de ocorrência. Para aplicar a ferramenta, é necessário elaborar inicialmente um formulário na forma de planilha para registrar as informações coletadas e documentar o estudo, conforme Paiva e Pinheiro (2015), e seu layout pode variar de acordo com o critério de cada organização.

Segundo Mohanty, Dash e Pradhan (2020), o FMECA, por sua vez, é uma extensão do FMEA com adição da Análise da Criticidade, cuja aplicação implica na classificação das falhas com base na sua criticidade.

Oliveira, Manea e Rabello (2021) complementam que o FMEA é a análise qualitativa, enquanto o FMECA é a análise quantitativa. A relação entre as duas ferramentas fica evidente no modelo de formulário proposto pelos autores que pode ser visualizado na Figura 2.

Figura 2 - Modelo de Formulário FMECA

FMECA							
FMEA							Número de Criticidade
Falha				Classificação de Severidade	Classificação de Ocorrência	Método de Detecção	
Item	Modo	Causa	Efeito				

Fonte: Adaptado de Oliveira, Manea e Rabello (2021)

As descrições referentes à Severidade, Ocorrência e Detecção são feitas a seguir:

- a) Severidade: resultado do efeito potencial das falhas de cada componente no sistema produtivo que integra (SILVA,2018).
- b) Ocorrência: probabilidade de surgimento da causa de falha (FEILI et al., 2013).
- c) Detecção: valor que representa a eficiência dos controles de detecção da falha (SILVA, 2017). Segundo Feili et al (2013), é um valor que possui relação com a probabilidade de detectar a falha.

Mohr (1994 apud Castro 2022) elucida a clássica diferença entre FMEA e FMECA indicando que o FMECA pode ser expresso da seguinte forma:

$$FMECA = FMEA + C$$

onde C corresponde à criticidade da falha, e é obtida em função do produto da ocorrência e da severidade. No FMECA, é calculado o RPN, cuja expressão se assemelha bastante à expressão utilizada para calcular a Criticidade, diferenciando-se pela adição da detecção para seu cálculo final (SAKURADA,2001), como visto a seguir:

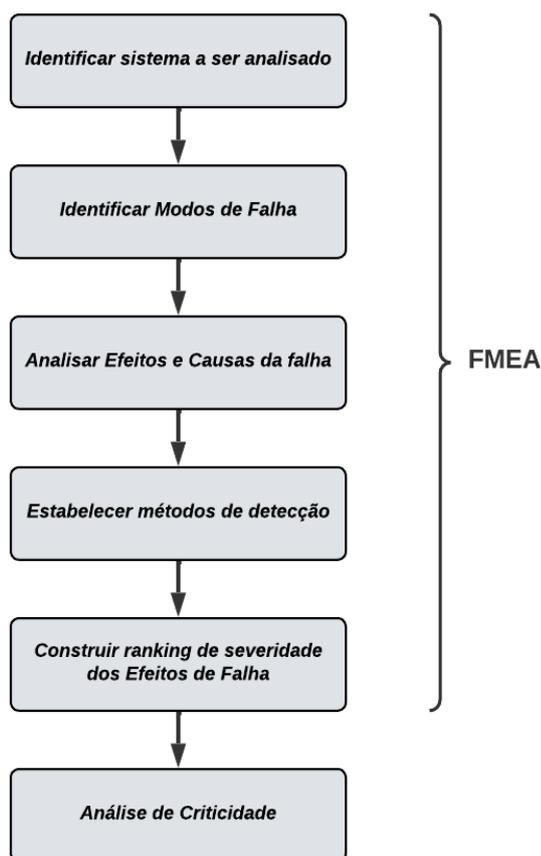
$$RPN = OCORRÊNCIA \times SEVERIDADE \times DETECÇÃO$$

O número de Criticidade e o RPN são reconhecidamente duas ferramentas utilizadas para determinar o número ou grau de criticidade das falhas (MOHANTY; DASH; PRADHAN, 2020). Embora muitas vezes FMEA e FMECA sejam comumente usados como sinônimos, (ZÚÑIGA; FERNANDES; BRANCO, 2023), a incorporação do RPN é o que distingue ambos (PIECHNICKI; LOURES; SANTOS, 2017). O aspecto quantitativo é estimado com base na frequência de ocorrência das falhas, no entanto, na ausência de dados históricos objetivos, a análise é feita de forma subjetiva com base no conhecimento e experiência da equipe envolvida (BARAN et al. 2013).

De acordo com Silva (2017), enquanto a Severidade é sempre relacionada aos Efeitos da falha, não existe um consenso na literatura sobre a Ocorrência e Detecção, pois ora se referem aos Modos de falha, ora se referem à Causas de falha. No entanto, Sakurada (2001), afirma que independente da perspectiva adotada na aplicação, o resultado final obtido será igual nas duas abordagens.

A implementação da ferramenta segue uma sequência de passos que consiste na realização preliminar de uma FMEA que servirá como base para a Análise de Criticidade (SANTOS, 2022). A Figura 3 evidencia essa relação:

Figura 3 - Fluxo típico de aplicação do FMECA



Fonte: adaptado de Headquarters (2006)

- a) Identificar sistema a ser analisado: esse passo consiste em definir o sistema a ser analisado, entender a sua função e operação, componentes, peças e subsistemas envolvidos (BARAN et al., 2011). O sistema pode ser dividido em unidades ou em componentes individuais, ou em funções ou subsistemas, por isso é importante definir o limite do sistema e o nível de análise pretendido (SILVA; FONSECA; BRITO, 2006).
- b) Identificar Modos de Falha: Todos os modos de falha prováveis para cada item devem ser identificados. Existem muitos modos com que um sistema ou componente pode falhar, e dependem do componente específico, sistema e histórico de falhas em sistemas semelhantes (HEADQUARTERS,2006).
- c) Analisar Efeitos e Causas da falha: Os efeitos são identificados pelo impacto dos modos de falha na operação do sistema quando cada modo de falha se apresenta, e podem ser analisados avaliando aspectos como evidência de falha e frequência com que ocorre (BARAN et al., 2011). Um modo de falha pode ter

origem em várias causas, e para cada um as causas mais prováveis de seu surgimento devem ser identificadas e descritas (SOARES, 2014).

- d) Estabelecer métodos de detecção: Identificar e descrever os métodos e meios pelos quais a ocorrência de falhas é detectada, como por exemplo, dispositivos de aviso sonoro, dispositivos de detecção automática e atividades de inspeção (SILVA; FONSECA; BRITO, 2006).
- e) Construir ranking de severidade dos Efeitos de Falha: Uma classificação de severidade deve ser atribuída a cada efeito de falha. Uma classificação mais baixa indica um efeito de falha menos grave, enquanto uma classificação mais alta indica uma condição mais grave (HEADQUARTES, 2006).
- f) Análise de Criticidade: Um dos métodos utilizados para a concepção da Análise de Criticidade é o cálculo do RPN, que estima o risco relacionado às falhas ocorridas (SOARES, 2014). A partir da análise, é possível ordenar as prioridades das ações a serem desenvolvidas para reduzir ou minimizar os efeitos que as falhas podem produzir (SILVA; FONSECA; BRITO, 2006).

Pontes, Freitas e Maciel (2016) indicam como uma das vantagens da FMEA/FMECA o não enrijecimento (excesso de padronização) da planilha, o que justifica a sua larga utilização nas organizações, permitindo que cada uma adapte a planilha de acordo com suas características e necessidades. Ainda, de acordo com Stamatis (2003 apud SILVA 2017), os principais tipos de FMEA/FMECA são:

- a) FMEA/FMECA de sistema: empregado na análise de sistemas e subsistemas no estágio inicial do desenvolvimento do conceito e do projeto. Tem como foco os potenciais modos de falhas das funções do sistema causados por deficiências do sistema;
- b) FMEA/FMECA de serviço: aplicado para analisar serviços antes de serem prestados ao consumidor. Tem foco em modos de falha causados por deficiências do sistema ou do processo. Exemplos de modos de falha identificados nesse tipo são tarefas, erros e enganos;
- c) FMEA/FMECA de produto: utilizado para analisar produtos antes de sua liberação para fabricação em larga escala. Foca em modos de falha causados por deficiências de projeto do produto;

- d) FMEA/FMECA de processo: utilizado para analisar processos de fabricação e montagem. Um FMEA/FMECA de processo foca em modos de falha causados por deficiências no processo de fabricação ou montagem.

3 METODOLOGIA APLICADA

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

A natureza do presente trabalho corresponde a uma pesquisa aplicada, em consonância com os preceitos de Gil (2010), que assevera que é um tipo de pesquisa onde os conhecimentos previamente adquiridos podem ser aplicados a um problema prático. Para Boaventura (2004), a pesquisa aplicada é clara e tem como resultados conhecimentos proveitosos para a resolução de problemas. Tem como foco problemas presentes nas atividades das instituições e organizações, e concentra-se no reconhecimento de problemas, elaboração de diagnósticos e busca de soluções (FLEURY; WARLANG, 2017).

Do ponto de vista da forma de abordagem, a pesquisa é de natureza qualitativa e quantitativa. Brandão (2001), afirma que a pesquisa qualitativa possui relação com os significados que as pessoas atribuem às suas experiências e a como as compreendem. Tem o propósito de encontrar o significado de situações que não possuam resultados absolutos (GIL, 2010), e de acordo com Oliveira et al. (2020), busca dar sentido a questões específicas que precisam de elucidações mais analíticas. A pesquisa quantitativa, por sua vez, é um método quantificador que faz referência com medidas de intensidade (RODRIGUES; OLIVEIRA; SANTOS, 2021). Miguel (2010), declara que mensurar variáveis são características do modo quantitativo, que tem por finalidade a busca de dados e informações que possibilitem a concepção de planos de ações que melhorem os resultados da organização.

Os procedimentos técnicos empregados foram a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso. A pesquisa bibliográfica deu-se por meio de uma revisão sistemática da literatura, conforme Depaepe, Verschaffel e Kelchtermans (2013), iniciada por um levantamento bibliográfico de referências sobre o tema FMEA/FMECA, através de bases de dados nacionais e internacionais de publicações acadêmicas. Segundo Hulley et al. (2015), revisões sistemáticas são direcionadas a identificar estudos presentes na literatura que abordam uma determinada questão de pesquisa e avaliam seus resultados para evidenciar conclusões sobre um corpo de conhecimento. Para Gil (2010), estudo de caso é aquele que envolve o exame profundo de um ou mais objetos de modo que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

Foram acessados artigos científicos disponíveis nas bases de dados ScienceDirect, ResearchGate, Semantic Scholar e Emerald, publicados entre os anos de 2003 e 2023, sem deixar de apreciar referências que não estavam contempladas no horizonte de tempo definido. Em seguida, foram selecionados aqueles que citavam os termos “FMEA”, “FMECA”,

“Confiabilidade”, “Análise de Confiabilidade”, “Manutenção”, “Risco” e “Análise de Risco” em seus títulos, palavras-chave ou resumos. Os mais relevantes foram identificados após leitura de seus resumos e algumas seções específicas. Em adição, também foram realizadas consultas a normas brasileiras com conteúdo voltado aos temas analisados.

3.2 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA

3.2.1 A Empresa

A organização em estudo corresponde a uma empresa de produção de louças sanitárias, fundada na década de 60, no agreste pernambucano. Seu surgimento deu-se a partir do interesse do fundador em produzir louças artísticas para decoração. Voltada ao mercado regional durante os primeiros anos, a empresa foi conquistando gradativamente outros mercados e ampliando sua produção para atender uma demanda de nível nacional. Mais de três décadas depois, a empresa ampliou ainda mais seus negócios, e começou a exportar seus produtos de cerâmica de louça artística para outros países.

Pouco tempo depois, identificando as tendências do mercado e mapeando as novas oportunidades, a empresa passou por uma transição e modificou sua linha de produtos, passando a produzir louças sanitárias.

As louças sanitárias são peças de cerâmicas produzidas para atender as necessidades dos clientes em banheiros ou lavabos. Atualmente, as louças sanitárias produzidas pela empresa são bacias, lavatórios, cubas, colunas, caixas acopladas, tanques e mictórios, distribuídos em treze linhas diferentes.

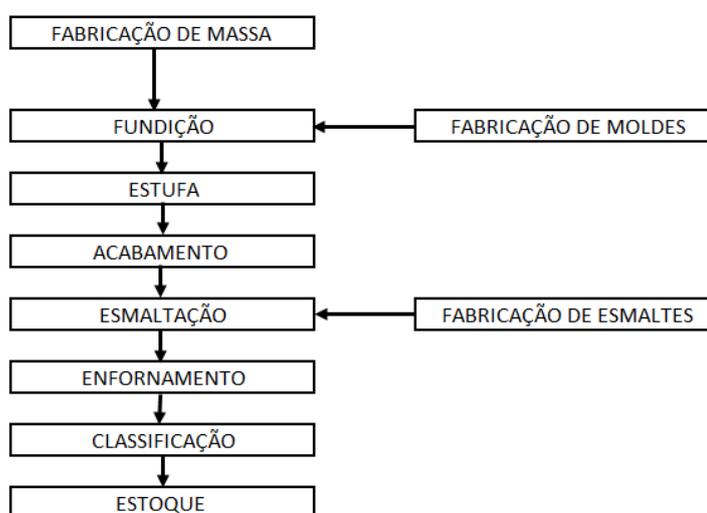
3.2.2 O processo produtivo

O processo produtivo é composto das etapas descritas a seguir:

- a) Fabricação de massa: produção da mistura que resulta na barbotina (massa líquida) a ser moldada e transformada nas louças sanitárias;
- b) Fabricação de moldes: produção dos moldes de gesso que receberão a barbotina no processo de fundição para constituir a forma das peças;
- c) Fabricação de esmalte: produção do esmalte que revestirá as peças na etapa de Esmaltação;

- d) Fundição: a barbotina é colocada nos moldes e lá permanece até constituir a forma das peças;
- e) Estufa: as peças permanecem por um tempo na estufa para secagem;
- f) Acabamento: após secagem na estufa, as peças são inspecionadas pelos operadores do setor de acabamento. Se não houver nenhuma quebra, as peças são submetidas a um acabamento manual final e encaminhadas para a Esmaltação;
- g) Esmaltação: as peças saídas do Acabamento, recebem 3 camadas de esmalte da pistola de ar comprimido;
- h) Enfornamento: as peças são queimadas em um forno túnel durante doze horas;
- i) Classificação: os operadores retiram as peças do forno para inspecioná-las e classificá-las em peças aprovadas ou reprovadas. São realizados dois tipos de inspeção: visual e de timbre. As peças reprovadas são descartadas, enquanto as aprovadas são direcionadas para o estoque;
- j) Estoque/Armazenamento: as peças são estocadas até serem despachadas para os clientes.

Figura 4- Fluxograma do Processo Produtivo de Louças Sanitárias



Fonte: a autora (2023)

3.2.3 Descrição do processo de Enfornamento

O forno a ser analisado é do tipo túnel, que realiza a queima das peças de forma contínua e ininterrupta. Neste tipo de forno, enquanto um grupo de peças está saindo do forno, outro grupo está entrando e iniciando seu processo de queima. As peças são distribuídas em vagonetas, que entram e saem do forno de maneira automatizada.

Antes da entrada, ocorre o Carregamento, onde as partes das peças que entram em contato direto com a superfície da vagoneta são lixadas para evitar a adesão entre elas, e posteriormente são limpas com jatos de ar para retirar o pó que se deposita sobre elas em consequência da atividade anterior. Em seguida, as peças são carregadas e dispostas sobre as vagonetas. A Figura 5 representa o local onde a operação de Carregamento é realizada, contemplando a vista lateral do forno, bem como as peças sobre as vagonetas a caminho da entrada do forno.

Figura 5 - Visão lateral do forno e Carregamento de peças



Fonte: a autora (2023)

O combustível utilizado é a serragem, e o ciclo atual de queima possui 8 horas, compreendendo três zonas principais: pré-aquecimento, queima e resfriamento. A zona de pré-aquecimento é onde as peças são submetidas ao aumento de temperatura de forma gradual e a umidade remanescente dos poros das peças é retirada. Nessa zona, as peças são preparadas para a queima, onde as temperaturas atingem seu ponto mais alto. Ao final da zona de queima, as peças adentram a zona de resfriamento, onde a temperatura vai caindo de forma gradativa até o final do forno.

3.2.4 Descrição do problema

O forno analisado possui operação recente, de aproximadamente oito meses. Seu funcionamento teve início com o objetivo de aumentar a capacidade produtiva da fábrica, uma vez que seu antecessor queimava um volume de peças menor. Em adição, o forno antecessor vinha passando por problemas frequentes.

Em um intervalo de seis meses, ocorreram dois problemas que tiveram como resultados perdas de grande quantidade de peças e a paralisação do processo de enformamento. O primeiro problema teve como principal causa a falta de alinhamento das peças da vagoneta, que entraram no forno mal posicionadas e acabaram provocando acidente com as vagonetas dentro do forno.

O segundo problema ocorreu em decorrência da queda da calha que implicou no travamento das vagonetas, e provocou o desligamento do forno por 24 horas para a correção do problema. Atualmente, o forno antigo encontra-se desativado para uma reforma total da sua estrutura; dessa forma, a FMECA será aplicada para análise do forno atual, que está em pleno funcionamento.

3.2.5 Descrição das etapas

O processo de preenchimento da planilha FMECA consistiu em 3 etapas, sendo a segunda etapa conduzida com base no método Delphi, que corresponde a um conjunto de questionários respondidos individualmente pelos participantes, em etapas diferentes, de forma sequencial, com resumo das respostas do grupo aos questionários anteriores (OSBORNE et al., 2003). Segundo Wright e Giovinazzo (2000), é um método intuitivo e interativo, onde os resultados são avaliados etapa por etapa, sendo repassadas quantas vezes forem necessárias até se obter uma convergência das respostas. O preenchimento dos questionários de maneira individual possibilita a superação de influências persuasivas e vieses pessoais, uma vez que evita distorções associadas a interações interpessoais (BATISTA et al., 2022). A escolha pela

aplicação do método na atribuição de valores ocorreu com a finalidade de evitar a influência de um especialista sobre o outro na ponderação inicial, de modo a considerar a opinião de cada um formada genuinamente com base em suas experiências individuais com o processo, enriquecendo as discussões e conduzindo a um consenso mais sólido.

Antes do início do efetivo preenchimento da planilha, foi selecionada a equipe participante, composta de três membros das áreas de (i) produção, com experiência de 10 anos na empresa, e atuando há 8 anos como supervisor de produção; (ii) engenharia, possui 3 anos de empresa, sendo dois anos e meio à frente do controle de qualidade; e (iii) planejamento e controle da produção (PCP), há 1 ano e 3 meses atuando na empresa como analista de PCP.

As etapas realizadas foram as seguintes:

- Etapa 1: reunião para definição dos subsistemas a serem analisados, que neste trabalho são representados pelas diferentes zonas de queima do forno estudado. Também foram identificados os modos de falha potenciais, efeitos potenciais de falha, causas potenciais de falha e controles existentes;
- Etapa 2: envio da planilha para cada participante para atribuição individual de valores aos parâmetros de Severidade, Ocorrência, Detecção;
- Etapa 3: reunião para revisão dos valores atribuídos, com objetivo de se chegar a um consenso sobre os valores finais, ponderando os fatores que cada um dos participantes considerou para atribuir cada valor. Em seguida, foi realizado o cálculo do RPN, para identificar os problemas mais críticos a serem priorizados na execução das ações corretivas também definidas nesta etapa.

Na Etapa 2, para a atribuição dos valores aos parâmetros foram utilizadas as escalas representadas nos Quadros 1,2, e 3 reproduzidos abaixo.

O impacto de cada modo de falha no sistema foi avaliado com base na escala de Severidade que pode ser visualizada no Quadro 1.

Quadro 1 - Escala de Severidade

SEVERIDADE		
INTENSIDADE	DESCRIÇÃO	VALOR
MUITO ALTA	Quando torna o sistema inoperante.	5
ALTA	Quando o sistema continua operando, mas uma parte ou todas as peças sofrem	4

	avarias durante a operação.	
MODERADA	Quando desencadeia mau funcionamento de alguma operação do sistema ocasionando necessidade de requeima.	3
BAIXA	Quando diminui o desempenho, mas sem grandes danos às peças.	2
MÍNIMA	Quando o efeito sobre o sistema não é muito significativo, e o efeito sobre as peças é mínimo.	1

Fonte: a autora (2023)

A frequência foi determinada com base na ocorrência das causas determinadas para cada modo de falha, por meio da escala apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 - Escala de Ocorrência

OCORRÊNCIA			
INTENSIDADE	DESCRIÇÃO	TAXA DE FALHA	VALOR
MUITO ALTA	Falhas quase inevitáveis/persistentes	Ocorrência diária	5
ALTA	Falhas frequentes	Ocorrência semanal	4
MODERADA	Falhas ocasionais	1 vez a cada 2 semanas	3
BAIXA	Falhas ocorrem raramente	1 vez a cada bimestre	2
MÍNIMA	Falhas improváveis	1 vez por ano	1

Fonte: a autora (2023)

Para avaliar a capacidade dos controles existentes de detectar os modos de falha, foi utilizada como referência a escala indicada no Quadro 3.

Quadro 3 - Escala de Detecção

DETECÇÃO		
INTENSIDADE	DESCRIÇÃO	VALOR
MUITO REMOTA	Os controles não irão detectar esse modo de falha, ou não existe controle.	5
REMOTA	Os controles provavelmente não irão detectar esse modo de falha.	4
BAIXA	Há uma baixa probabilidade de os controles detectarem esse modo de falha.	3

MODERADA	Os controles podem detectar essa falha.	2
ALTA	É quase certo que os controles irão detectar esse modo de falha.	1

Fonte: a autora (2023)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo de caso foi conduzido durante três meses, de março a junho de 2023, de acordo com as etapas de implementação da ferramenta, descritas a seguir.

- 1) Na primeira reunião da equipe, foram definidas as operações correspondentes às etapas do processo de enformamento que seriam analisadas e seus respectivos modos, efeitos e causas potenciais de falha; também foram identificados os controles existentes, conforme mostrado no Quadro 4:

Quadro 4 - Etapa 1 do preenchimento da planilha FMECA

OPERAÇÃO	MODO POTENCIAL DE FALHA	EFEITO POTENCIAL DE FALHA	CAUSA POTENCIAL DE FALHA	CONTROLES EXISTENTES NO PROCESSO
CARREGAMENTO DE PEÇAS	COMPONENTE DE VAGONETA MAL POSICIONADO	ACIDENTE COM PEÇAS DENTRO DO FORNO	DESCUIDO DO OPERADOR	CONTROLE VISUAL
	DISTRIBUIÇÃO DE PEÇAS INSUFICIENTE	QUEDA DE TEMPERATURA	INDISPONIBILIDADE DE PEÇAS	CONTROLE VISUAL
PRÉ- AQUECIMENTO	CURTO-CIRCUITO	PROBLEMA NO INVERSOR DE FREQUÊNCIA	SOBRECORRENTE	NÃO HÁ CONTROLE
	CIRCULAÇÃO DE GASES INADEQUADA	TRATAMENTO TÉRMICO PARALISADO	CANAIS DE TRANSPORTE DE AR DANIFICADOS	NÃO HÁ CONTROLE
	CONTAMINAÇÃO DE FERRO	SUJEIRA DE FORNO	DESGASTE ESTRUTURAL	NÃO HÁ CONTROLE
	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	ATRASSO NO TRANSPORTE	FALTA DE SERRAGEM	ATIVAÇÃO DE ALARME NO TOTEM (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)
		ACIDENTE COM VAGONETA	INTERFERÊNCIA MECÂNICA	
QUEIMA	CONTROLE DE TEMPERATURA DESREGULADO	QUEDA DE TEMPERATURA	MÁ CALIBRAÇÃO	SINALIZAÇÃO VISUAL NO MONITOR (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)
	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	ATRASSO NO TEMPO CORRETO DE QUEIMA	FALTA DE SERRAGEM	ATIVAÇÃO DE ALARME NO TOTEM (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)
		ACIDENTE COM VAGONETA	INTERFERÊNCIA MECÂNICA	
	CONTROLE DE TEMPERATURA DEFEITUOSO	OXIDAÇÃO DO TETO	PROBLEMA ELÉTRICO / FALTA DE CONTROLE	SINALIZAÇÃO VISUAL NO MONITOR (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)
	CONTROLE DE AR INADEQUADO	QUEIMA EXCESSIVA	CONTROLE DESREGULADO	SINALIZAÇÃO VISUAL NO MONITOR (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)
		QUEIMA INSUFICIENTE	CONTROLE DESREGULADO	
CONTAMINAÇÃO DE FERRO	SUJEIRA DE FORNO	DESGASTE ESTRUTURAL	NÃO HÁ CONTROLE	
RESFRIAMENTO	CONTROLE DE TEMPERATURA DESREGULADO	EXCESSO DE TEMPERATURA	MÁ CALIBRAÇÃO	SINALIZAÇÃO VISUAL NO MONITOR (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)
	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	ATRASSO NO TRANSPORTE	FALTA DE SERRAGEM	ATIVAÇÃO DE ALARME NO TOTEM (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)
		ACIDENTE COM VAGONETA	INTERFERÊNCIA MECÂNICA	
	CONTROLE DE TEMPERATURA DEFEITUOSO	OXIDAÇÃO DO TETO	PROBLEMA ELÉTRICO / FALTA DE CONTROLE	SINALIZAÇÃO VISUAL NO MONITOR (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)
CONTAMINAÇÃO DE FERRO	SUJEIRA DE FORNO	DESGASTE ESTRUTURAL	NÃO HÁ CONTROLE	

Fonte: a autora (2023)

Para exemplificar, dois modos de falha terão seu processo de análise detalhado para tornar mais claro o preenchimento de cada coluna. No carregamento de peças, um dos modos potenciais de falha identificados foi o mal posicionamento de componente de vagoneta. As vagonetas são acompanhadas pelos operadores e pelo forneiro durante a disposição das peças sobre o instrumento de transporte e a sua entrada no forno. Caso um componente esteja mal posicionado, ele pode ceder dentro do forno, provocando a queda de componentes vizinhos e

ao acidente das peças que estejam posicionadas sobre eles. Como medida de controle para esse problema, a técnica utilizada é o controle visual.

Reconhecido como um modo potencial de falha nas operações de pré-aquecimento, queima e resfriamento, o travamento de rodas da vagoneta pode ocorrer por falta de serragem ou interferência mecânica (queda de algum componente interno do forno sobre os trilhos, como as calhas, por exemplo). A serragem evita que o fogo alcance as rodas da vagoneta e evita que o rolamento trave dentro do forno; caso isto ocorra, pode haver atraso no transporte e no tempo correto da queima, ou até mesmo a saída da vagoneta dos trilhos. De maneira análoga, interferências mecânicas podem travar o rolamento das vagonetas impedindo a sua movimentação. Atualmente, problemas como descarrilamento de vagonetas, ou a aproximação demasiada de vagonetas que impedem seu deslocamento possuem a ativação de um alarme como controle de detecção.

- 2) Cada membro da equipe preencheu a planilha FMECA avaliando e determinando os impactos dos modos de falha, suas ocorrências e a capacidade de detecção dos controles existentes utilizando como referências as escalas representadas nos Quadros 1, 2 e 3 apresentados na seção anterior.
- 3) Na segunda reunião, foram revelados os valores atribuídos por cada membro aos parâmetros analisados, e a partir da ponderação da motivação de cada um, a equipe definiu os valores finais. Não houve grandes divergências, com exceção de duas situações, mais detalhadas a seguir.

Os valores atribuídos à severidade do modo de falha “travamento do rolamento das vagonetas”, considerando o efeito “atraso no tempo correto de queima”, como pode ser visto na Figura 6:

Figura 6 - Exemplo de atribuição de valores à variável Severidade

OPERAÇÃO	MODO POTENCIAL DE FALHA	EFEITO DE FALHA	SEVERIDADE		
QUEIMA	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	ATRASO NO TEMPO CORRETO DE QUEIMA	3	5	1
		ACIDENTE COM VAGONETA	4	5	5

Fonte: a autora (2023)

Como pode ser observado, um dos participantes atribuiu 1 à severidade, enquanto os outros dois atribuíram 3 e 5. A explicação dada pelo especialista responsável pela atribuição de valor mais baixo foi que ele observou somente os efeitos sobre as peças e a frequência com

que elas sofriam esse efeito. Os conceitos foram então esclarecidos mais uma vez, e os outros participantes explicaram suas motivações. Ao final, decidiu-se por atribuir o peso 4 à severidade, que corresponde à situação de quando o sistema continua operando, mas uma parte ou todas as peças sofrem avaria durante a operação.

Outra exceção foi a atribuição de valores à detecção do modo de falha “sujeira de forno”, que pode ser visualizada na Figura 7:

Figura 7 - Exemplo de atribuição de valores à variável Detecção

OPERAÇÃO	MODO POTENCIAL DE FALHA	EFEITO DE FALHA	CAUSA	DETECÇÃO
RESFRIAMENTO	CONTAMINAÇÃO DE FERRO	SUJEIRA DE FORNO	DESGASTE ESTRUTURAL	5 1 5

Fonte: a autora (2023)

O participante que atribuiu o peso 1, considerou que é quase certa a detecção dessa falha pelos controles, pois considerou que as peças contaminadas seriam um indicativo da falha. No entanto, não existe controle que a detecte antes de ocorrer ou no momento em que ocorre, por isso o valor atribuído foi 5, que corresponde às situações onde os controles não irão detectar a falha ou não existe controle.

4) Em seguida, foi realizado o cálculo do RPN, conforme consolidado no Quadro 5.

Quadro 5 - Etapa 3 do preenchimento da planilha FMECA

OPERAÇÃO	MODO POTENCIAL DE FALHA	SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	RPN
CARREGAMENTO DE PEÇAS	COMPONENTE DE VAGONETA MAL POSICIONADO	4	5	2	40
	DISTRIBUIÇÃO DE PEÇAS INSUFICIENTE	4	5	1	20
PRÉ-AQUECIMENTO	CURTO-CIRCUITO	3	1	1	3
	CIRCULAÇÃO DE GASES INADEQUADA	4	1	1	4
	CONTAMINAÇÃO DE FERRO	4	2	5	40
	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	4	1	1	4
		5	1		5
QUEIMA	CONTROLE DE TEMPERATURA DESREGULADO	4	1	2	8
	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	4	1	1	4
		5	1		5
	CONTROLE DE TEMPERATURA DEFEITUOSO	4	1	2	8
	CONTROLE DE AR INADEQUADO	4	1	2	8
		3	1		6
CONTAMINAÇÃO DE FERRO	4	2	5	40	
RESFRIAMENTO	CONTROLE DE TEMPERATURA DESREGULADO	4	2	2	16
	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	4	1	1	4
		5	1		5
	CONTROLE DE TEMPERATURA DEFEITUOSO	4	1	2	8
CONTAMINAÇÃO DE FERRO	4	2	5	40	

Fonte: a autora (2023)

- 5) Com base nos valores de RPN, os modos de falha foram divididos em três grupos: críticos, merece atenção e não críticos. Para a classificação da criticidade, optou-se pela divisão mais coerente e razoável com base na faixa de valores obtida, escolhendo-se o 16 como valor intermediário e 30 como o valor limite, como pode ser visto no Quadro 6:

Quadro 6 - Criticidade dos Modos de Falha

MATRIZ DE CRITICIDADE		
CRITICIDADE		RPN
A	CRÍTICO	$RPN > 30$
B	MERECHE ATENÇÃO	$16 > RPN \leq 30$
C	NÃO CRÍTICO	$0 > RPN \leq 16$

Fonte: a autora (2023)

Dessa forma, dois modos de falhas ficaram dentro da faixa de “Críticos”, um na faixa de “Merece Atenção”, e quatorze na faixa de “Não crítico”, sinalizados, respectivamente, pelas cores vermelha, amarelo e verde, conforme visto no Quadro 7.

Quadro 7 - Destaque dos grupos de acordo com sua criticidade

OPERAÇÃO	MODO POTENCIAL DE FALHA				RPN
		SEVERIDADE	OCORRÊNCIA	DETECÇÃO	
CARREGAMENTO DE PEÇAS	COMPONENTE DE VAGONETA MAL POSICIONADO	4	5	2	40
	DISTRIBUIÇÃO DE PEÇAS INSUFICIENTE	4	5	1	20
PRÉ- AQUECIMENTO	CURTO-CIRCUITO	3	1	1	3
	CIRCULAÇÃO DE GASES INADEQUADA	4	1	1	4
	CONTAMINAÇÃO DE FERRO	4	2	5	40
	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	4	1		4
		5	1	1	5
QUEIMA	CONTROLE DE TEMPERATURA DESREGULADO	4	1	2	8
	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	4	1		4
		5	1	1	5
	CONTROLE DE TEMPERATURA DEFEITUOSO	4	1	2	8
	CONTROLE DE AR INADEQUADO	4	1	2	8
		3	1		6
CONTAMINAÇÃO DE FERRO	4	2	5	40	
RESFRIAMENTO	CONTROLE DE TEMPERATURA DESREGULADO	4	2	2	16
	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	4	1		4
		5	1	1	5
	CONTROLE DE TEMPERATURA DEFEITUOSO	4	1	2	8
	CONTAMINAÇÃO DE FERRO	4	2	5	40

Fonte: a autora (2023)

As ações de correção para os modos de falha identificados foram propostas pelo grupo de especialistas. Diante da criticidade dos dois primeiros grupos, “Críticos” e “Merece Atenção”, as suas ações recomendadas correspondentes devem ser priorizadas.

O modo de falha “Distribuição de peças insuficientes”, grupo “Merece Atenção”, corresponde à disposição e arranjo de peças de tamanhos variados na vagoneta em quantidade suficiente para manter a temperatura no nível adequado. O arranjo recomendado corresponde a um mix de 10 bacias acopladas, 10 caixas, 2 bacias convencionais, 14 colunas ou cubas e 4 lavatórios. Visto que o enformamento atende às demandas da Expedição, esse mix pode sofrer variações, no entanto, é recomendado que seja seguida a programação de quantidade mínima de cada tipo de peça para que estejam sempre presentes peças de maior volume que ajudem a manter a temperatura requerida. Com a implementação dessa ação, espera-se reduzir a

incidência do referido modo de falha, que atualmente ocorre com uma frequência semanal, e provoca nas peças o defeito classificado nos relatórios de enformamento como “queima insuficiente”, que provoca perda total ou parcial das peças enformadas.

O modo de falha “Componente de vagoneta mal posicionado”, pertencente ao grupo “Crítico”, se refere a itens da própria estrutura da vagoneta que podem quebrar e provocar, conseqüentemente, a quebra de outros itens vizinhos e de peças que estejam sobre eles na hipótese de estarem mal posicionados. Os operadores podem perceber qualquer falta de alinhamento desses componentes no carregamento das peças, bem como o forneiro, na entrada do forno. Para isso, recomenda-se apurar a inspeção visual nesta etapa do processo para reduzir a chance de ocorrência dessa falha.

O modo de falha “Contaminação de ferro”, grupo “Crítico”, ocorre pelo desgaste da estrutura do forno que acaba causando sujeira no teto e nas paredes, e possui impacto direto nas peças, que saem do forno com borrifos de ferro. Atualmente, não há um controle para evitar esse desgaste, e sua ocorrência é relatada a partir das peças avariadas que indicam o problema. Nunca houve um estudo para documentar a frequência de ocorrência de falhas dessa natureza ou de outros tipos, ou para registrar manutenções realizadas no forno antigo que poderiam ajudar a determinar um intervalo apropriado para manutenção do forno atual, e os especialistas consultados não informaram qual tipo de manutenção seria a mais indicada nessa situação. Portanto, recomenda-se que esse registro seja feito para possibilitar no futuro o desenvolvimento de um plano de manutenção adequado para o forno em operação, e assim reduzir o número de peças avariadas devido à sua ocorrência e a extensão de seu impacto, isto é, reduzir seu índice de Severidade.

Ao final da última etapa do FMECA, decidiu-se realizar uma reunião com os supervisores dos setores de Manutenção e Enformamento para discutir a melhor forma de executar as ações recomendadas, e orientar as equipes de operadores dos dois setores quanto à execução correta da operação.

Como definido na seção 1.1, o objetivo deste trabalho foi elaborar uma proposta de melhorias para otimizar o processo do forno industrial estudado a partir do levantamento dos seus modos de falha. Dessa forma, de posse do formulário, as equipes e seus gestores poderão implementar as ações e realizar os registros de dados para revisões futuras e realização de alterações que venham a ser necessárias para promover a melhoria contínua do processo.

5 CONCLUSÕES

A aplicação da ferramenta FMECA possibilita que os modos potenciais de falha sejam identificados junto de seus riscos associados, gerando ações de intervenção que reduzam as suas probabilidades de ocorrência, facilitando o processo de decisão a partir da identificação daqueles que oferecem o maior risco ao processo e precisam ser priorizados.

O presente trabalho teve como objeto de estudo um forno industrial em uma indústria de louças sanitárias e apresentou a aplicação de FMECA na identificação de seus modos de falha e no levantamento de ações para minimizá-los. As soluções propostas não são complexas e permitem a aplicação ao equipamento sem grandes perturbações na rotina de operação do forno. A ideia é a execução e o acompanhamento das ações recomendadas para análise dos resultados obtidos pelos gestores e avaliação do sucesso das ações em sua contribuição para a redução do nível de risco dos modos de falha mais críticos.

Como desdobramento futuro do estudo, aconselha-se a expansão da documentação das perdas de peças, que ocorre atualmente, de forma a incluir a documentação das falhas do equipamento e seu contínuo acompanhamento para facilitar a determinação de estratégias de manutenção e possibilitar a mensuração mais precisa do impacto de quaisquer ações de melhoria empregadas nessa área.

REFERÊNCIAS

ABREU, R. A. de. Eficácia da Manutenção Preditiva. **Revista Ibero-Americana De Humanidades, Ciências E Educação**, São Paulo, v. 3 , n. 3, p. 2112 - 2119, mar., 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.51891/rease.v9i3.9085>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

AHMED,Q.; RAZA, S. A.; AL- ANAZI, D. M. Reliability-based fault analysis models with industrial applications: A systematic literature review. **Quality and Reliability Engineering International**, [s.l.], v.37, n.4, p. 1307-1333, nov., 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/qre.2797>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

ANES, V. et al. (2018). A new risk prioritization model for failure mode and effects analysis. **Quality and Reliability Engineering International**, [s.l.], v. 34, n. 4, p. 516–528, jan., 2018. Disponível em: <[doi:10.1002/qre.2269](https://doi.org/10.1002/qre.2269)>. Acesso em: 15 jun. 2023.

ARAÚJO, Y. P. G. et al. Desenvolvimento da ferramenta FMEA para auxiliar o processo de manutenção em um restaurante universitário. *In: CONBREPRO: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*, 9., 2019, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Aprepro Editoria, 2019. Disponível em: <http://aprepro.org.br/conbrepro/2019/anais/arquivos/09302019_200956_5d928ff49ed56.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 5462. Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISO 31000. Gestão de riscos: diretrizes. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR ISSO/IEC 31010. Técnicas para o processo de avaliação de riscos. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

BARAN, L. R et al. Desenvolvimento e análise de um modelo FMECA aplicado como ferramenta de confiabilidade na manutenção de sistemas industriais. *In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção*, 1., 2011, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Aprepro Editora, 2011, n.p. Disponível em: <<http://anteriores.aprepro.org.br/conbrepro/2011/anais/artigos/Gestao%20da%20producao/Gestao%20da%20manutencao/A857.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2023.

BARAN, L. R. **Manutenção centrada em confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso**. Monografia (Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, p. 103, 2011. Disponível: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/23471>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

BARAN, L. R. et al. Métodos e Ferramentas aplicados na Análise de Criticidade em Sistemas Industriais. *In: Congresso Brasileiro De Engenharia De Produção*, 3., 2013, Ponta Grossa, **Anais...** Ponta Grossa: Aprepro Editora, 2013, n.p. Disponível em: <<http://anteriores.aprepro.org.br/conbrepro/2013/anais/artigos/gestaoproducao/20.pdf>>. Acesso em: 18 jul. 2023.

BATISTA, F. C. et al. Método Delphi na elaboração do livro “nutrição no câncer de pele”. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 4, p. 32234-32241, abr., 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-621>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

BEIRANVAND, B. ; RAJAEI, T. Environmental risk management of Eyvashan dam using traditional-FMEA and FIS-FMEA methods. **Journal of Soft Computing in Civil Engineering**, [s.l.], 2023;v. 7, n. 3, p.1-20, fev. 2023. Disponível em: <https://www.jssoftcivil.com/?_action=article&kw=10300&_kw=TOPSIS >. Acesso em 06 jun. 2023.

BOAVENTURA, E. M. **Metodologia da pesquisa: monografia, dissertação, tese**. São Paulo: Atlas, 2004.

BRAILE, N. A.; ANDRADE, J. J. O. Estudos de Falhas em Equipamentos de Costura Industriais Utilizando o FMEA e Análise de Confiabilidade. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 33., 2013, Salvador, **Anais...** Salvador: Abepro, 2013, n.p. Disponível em: <https://repositorio.pucrs.br/dspace/bitstream/10923/12544/2/Estudo_de_falhas_em_equipamentos_de_costura_industriais_utilizando_o_FMEA_e_a_analise_de_confiabilidade.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2023.

BRANDÃO, Z. A dialética macro/micro na sociologia da educação. **Cadernos de Pesquisa**, São Paulo, v. 113, p. 153-165, jul. 2001. Disponível em < <https://doi.org/10.1590/S0100-15742001000200008>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

CASTRO, B. N. **Análise do gerenciamento de risco de um sistema de controle automático**. Monografia (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) - Instituto Federal do Espírito Santo. Serra, p. 47, 2022. Disponível em: <<https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/3056>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

CHANAMOOL, N. ; NAENNA, T. Fuzzy FMEA application to improve decision-making process in an emergency department. **Applied Soft Computing**, [s.l.], v. 43, p.441-453, jun., 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.asoc.2016.01.007>>. Acesso em: 08 jul. 2023.

CHEN, J.; PATTON, R.J. **Robust Model-Based Fault Diagnosis for Dynamic Systems**. 3. ed. Berlim: Springer Science & Business Media, 2012.

CHIOZZA, M. L.; PONZETTI, C. FMEA: A model for reducing medical errors. **Clinica Chimica Acta**, [s.l.], v. 404, p.75-78, jun., 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.cca.2009.03.015> >. Acesso em: 08 jul. 2023.

DEPAEPE, F., VERSCHAFFEL, L., KELCHTERMANS, G. Pedagogical content knowledge: A systematic review of the way in which the concept has pervaded mathematics educational research. **Teaching and Teacher Education**, [s.l.], v. 34, p.12–25, abr., 2013. Disponível em: <doi: <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.03.001>> . Acesso em 20 jun. 2023

DEWI, D.S.; SYAIRUDIN, B.; NIKMAH, E.N. Risk management in new product development process for fashion industry: case study in hijab industry. **Procedia**

Manufacturing, [s.l.], v. 4, p. 383-391, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2015.11.054>>. Acesso em: 16 jun. 2023.

FEILI, H. R. et al. Risk analysis of geothermal power plants using Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) technique. **Energy Conversion and Management**, [s.l.], v. 72, p. 69–76, ago., 2013.

Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.enconman.2012.10.027>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

FERNANDES, R. B. **Metodologia para gestão de risco em barragens a partir de árvore de eventos e análise FMEA**. 2020. 241 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<http://www.btd.uerj.br/handle/1/17662>>. Acesso em: 04 jul. 2023.

FLEURY, M.; WERLANG, S. Pesquisa Aplicada: conceitos e abordagens. **Anuário de Pesquisa GV Pesquisa**, São Paulo, n. 6, p. 10-15, nov., 2017. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/apgypesquisa/article/view/72796/69984>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

FRAGASSA, C.; PAVLOVIC, A.; MASSIMO, S. Using a total quality strategy in a new practical approach for improving the product reliability in automotive industry. **International Journal for Quality Research**, [s.l.], v. 8, n. 3, p. 297-310, set., 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/289527329_Using_a_Total_Quality_Strategy_in_a_new_Practical_Approach_for_Improving_the_Product_Reliability_in_Automotive_Industry>. Acesso em: 08 jul. 2023.

FURSTENAU, L. B. et al. Utilização de Ferramentas da Qualidade para Redução de Perdas de Produção em Máquina CNC. *In*: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 39., 2019, Santos. **Anais...** Santos: Abepro, 2018, n.p. Disponível: <<https://abepro.org.br/publicacoes/artigo.asp?e=enegep&a=2019&c=38201>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

HEADQUARTERS. Failure Modes, Effects and Criticality Analyses (FMECA) for Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR) Facilities. Technical Manual (TM 5-698-4). Department of the Army. Washington, DC, 2006.

HERPICH, C.; FOGLIATTO, F.S. Aplicação de FMECA para definição de estratégias de manutenção em um sistema de controle e instrumentação de turbogeradores. **Iberoamerican Journal of Industrial Engineering**, Florianópolis, v. 5, n.9, 9. 70-88, out., 2013. ISSN 21758018 Disponível em: <<https://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/2594>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

HULLEY, S. B. et al. **Delineando a pesquisa clínica**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2015.

JESUS, R. M. M.; SILVA, R. F. Gestão da Manutenção de Equipamentos em uma Mineradora. **Ânima Educação**, Belo Horizonte, dez., 2022. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/27289>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

KABIR, S.; PAPADOPOULOS, Y. Applications of Bayesian networks and Petri nets in safety, reliability, and risk assessments: A review. **Safety science**, [s.l.], v. 115, p. 154-175, mar., 2019. Disponível em: <doi:10.1016/j.ssci.2019.02.009>. Acesso em: 10 jun. 2023.

LEMES, L.C. HVAM, L. Maintenance Costs in the Process Industry: A Literature Review. In: International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 25., 2019, Macao. **Proceedings...** Macao: IEEE, 2019, p. 1481-1485. Disponível em: <doi:10.1109/IEEM44572.2019.8978559>. Acesso em: 14 jun. 2023.

LIPOL, S.; HAQ, J. Risk Analysis Method: FMEA/FMECA in the Organizations. **International Journal of Basic & Applied Sciences**, [s.l.], v. 11, n. 5, p. 49-57, out., 2011. Disponível em: <<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=c933f98700fa61900d6f42a86df98c268740c490>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

LV, Y.; et al. A predictive maintenance system for multi-granularity faults based on AdaBelief-BP neural network and fuzzy decision making. **Advanced Engineering Informatics**, [s.l.], v. 49, n.p., ago., 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101318>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

MAGALHÃES, W. R. **Proposição e aplicação de um modelo para priorização de risco baseado em FMEA e Hesitant Fuzzy-TOPSIS**. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, p. 106, 2020. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/5246>>. Acesso em: 12 jun. 2023,

MARTINS, M.R. **Considerações sobre Análise de Confiabilidade e Risco**. Tese (Livre docência) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, p. 900, 2013. Disponível em: <<https://www.labrisko.usp.br/~marcelo/LivreDocencia/Consideracoes%20-%20Confiabilidade%20e%20Risco.pdf>>. Acesso em: 16 jun. 2023.

MENEGATTI, C. L. V. **Aplicação de ferramenta de confiabilidade na análise de falhas do sistema de frenagem do movimento de elevação de carga dos carregadores de navios de um porto de produtos siderúrgicos**. Monografia (Especialização em Engenharia da Confiabilidade) - Departamento Acadêmico de Eletrotécnica, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, p. 46, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/18754>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

MENEGHINI, C.; ZAIONS, D.R.(2019). A manutenção centrada em confiabilidade aplicada a um sistema de embalagem de presunto de uma indústria alimentícia. **Brazilian Journal of Business**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 1197-1206, jul./set., 2019. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BJB/article/view/3928>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

MENEZES, C.A.G. **FMEA de processo na indústria automotiva: uma análise sobre a aplicação do número de prioridade de risco (RPN)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Estadual Paulista. Guaratinguetá, p.109, 2020 Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/191819>>. Acesso em: 14 jun. 2023.

MENEZES, W. D. S. M. et al. Aplicação da Ferramenta FMEA para a Elaboração de Melhorias: Estudo de Caso em um Restaurante Universitário. *In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 38., 2018, Maceió. **Anais...** Maceió: Abepro, 2018 , n.p. Disponível em: <https://www.academia.edu/53244227/Aplica%C3%A7%C3%A3o_Da_Ferramenta_Fmea_Para_a_Elabora%C3%A7%C3%A3o_De_Melhorias_Estudo_De_Caso_Em_Um_Restaurante_Universit%C3%A1rio>. Acesso em: 08 jul. 2023.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MOHANTY, J.K.; DASH, P.R.; PRADHAN, P.K. FMECA analysis and condition monitoring of critical equipments in super thermal power plant. **International Journal of System Assurance Engineering and Management**, [s.l.], v.11, n.3, p.583–599, jan., 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s13198-020-00945-4>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

MOUBRAY, J. Reliability-centered maintenance: second edition. 2. ed. Nova York: Industrial Press Inc., 1997.

NUCHPHO, P.; NANSAARNG, S.; PONGPULLPONSAK, A. Modified Fuzzy FMEA Application in the Reduction of Defective Poultry Products. **Engineering Journal**, [s.l.], v. 23, n. 1, p. 171-190, jan., 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.4186/ej.2019.23.1.171>>. Acesso em 16 jun. 2023.

NURPRIHATIN, F.; ANGELY, M.; TANNADY, H. Total productive maintenance policy to increase effectiveness and maintenance performance using overall equipment effectiveness. **Journal of applied research on industrial engineering**, [s.l.], v. 6, n. 3, p. 184-199, out., 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.22105/jarie.2019.199037.1104>>. Acesso em: 14 jun. 2023.

OLIVEIRA, A. A. D.; MANEA, S.; RABELLO, A. P. S. S. Métodos de Priorização dos Resultados da FMECA. In: Workshop em Engenharia e Tecnologia Espaciais, 12., 2021, São José dos Campos, **Anais...** São José dos Campos: Inpe, 2021, n.p. Disponível em: <<http://mtc-m16d.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m16d/2021/11.17.19.06/doc/43%20-%20%5BARTIGO%5D%5BINPE%5D%20Angela%20Antunes%20.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2023.

OLIVEIRA, G. S. et al. Grupo Focal: uma técnica de coleta de dados numa investigação qualitativa? **Cadernos da Fucamp**, Monte Carmelo, v.19, n.41, p.1-13, out., 2020. Disponível em: <<https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/2208>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

OLIVEIRA, U. R; PAIVA, E. J.; ALMEIDA, D. A. Metodologia Integrada Para Mapeamento de Falhas: Uma Proposta de Utilização Conjunta do Mapeamento de Processos

com as Técnicas FTA, FMEA e Análise Crítica de Especialistas. **Produção**, Guaratinguetá, v. 20, n. 1, p.77-91, jan. /mar., 2010. Disponível em: < <<https://doi.org/10.1590/S0103-65132010005000004>> . Acesso em: 06 jun. 2023.

OSBORNE, J. et al. What “Ideas-about-Science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. **Journal of Research in science teaching**, [s.l.], v. 40, n. 7, p. 692-720, ago., 2003. Disponível em: < <https://doi.org/10.1002/tea.10105> > Acesso em 22 jun. 2023.

OUYANG, L. et al. Multiple perspectives on analyzing risk factors in FMEA, **Computers in Industry**, [s.l.], v. 141, n.p., out., 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103712>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

PAIVA, R.L. , PINHEIRO, V. K. **Aplicação de Metodologia FMEA e FMECCA para Análise de Risco em Barragens**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Minas) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado de Minas Gerais. João Monlevade, p. 64, 2015. Disponível em: <https://www.academia.edu/26570259/Universidade_do_Estado_de_Minhas_Gerais_UEMG_APLICA%C3%87%C3%83O_DE_METODOLOGIA_FMEA_E_FMECCA_PARA_AN%C3%81LISE_DE_RISCO_EM_BARRAGENS>. Acesso em 04 jul. 2023.

PANCHOLI, N.; BHATT, M. FMECA-based maintenance planning through COPRAS-G and PSI. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, [s.l.], v.24, n. 2, p. 224-243, maio, 2018. Disponível em: < <[doi:10.1108/jqme-03-2017-0015](https://doi.org/10.1108/jqme-03-2017-0015)>. Acesso em: 07 jul. 2023.

PARK Y.-J.; FAN, S.-K.S.; HSU, C.-Y. A Review on Fault Detection and Process Diagnostics in Industrial Processes. **Processes**, [s.l.], v. 8, n. 9, n.p., set., 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/pr8091123>> . Acesso em: 14 jun. 2023.

PEDROSA, B. M. M. **Análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA) aplicada a um secador industrial**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa, p. 98, 2014. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/10400.21/4151>> . Acesso em: 12 jun. 2023.

PEREIRA, M. R. **O gerenciamento de Riscos Empresariais como Forma de Agregar Valor às Organizações**. Monografia (Bacharelado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 72, 2014. Disponível em: < <http://hdl.handle.net/11422/1666>> Acesso em: 18 jun. 2023.

PIECHNICKI, F.; LOURES, E.; SANTOS, E. A Conceptual Framework of Knowledge Conciliation to Decision Making Support in RCM Deployment. **Procedia Manufacturing**, [s.l.], v. 11, p. 1135–1144, jun., 2017. Disponível em: <[doi:10.1016/j.promfg.2017.07.235](https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.235)>. Acesso em: 18 jul. 2023.

PIRES, C. et al. Importância da criticidade de equipamentos na gestão da manutenção. [s.n.], Belo Horizonte, p. 1-8, 2018. Disponível em: <<https://pmkb.com.br/artigos/importancia-da-criticidade-de-equipamentos-na-gestao-da-manutencao/>>. Acesso em: 14 jun. 2023.

PONCE, F. A. M.; ROLLEMBERG, S.L. S.; OLIVEIRA, A.G. Aplicação da análise de confiabilidade para avaliação de estações de tratamento de esgoto no estado do Ceará.

Revista Tecnologia, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 1-17, dez., 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.5020/23180730.2019.8971>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PONTES, R.S.; FREITAS, L.S.; MACIEL, D.S.C. Análise dos modos e efeitos de falha (FMEA): um estudo dos serviços odontológicos de um posto de saúde em Queimadas – PB. In: Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 7., 2016, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: IBEAS, 2016, n.p. Disponível em: <<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2016/V-027.pdf>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

RODRIGUES, T. D. F. F.; OLIVEIRA, G.S.; SANTOS, J. A. As Pesquisas Qualitativas e Quantitativas na Educação. *Revista Prisma*, [s.l.], v. 2, n.1, p. 154-174, dez., 2021. Disponível em: <<https://revistaprisma.emnuvens.com.br/prisma/article/view/49>>. Acesso em: 20 jun. 2023.

SAHAYAM, A.L.A. **FMEA: DFMEA vs. FMECA**. 2023. Pádua: Universitas Studii Paduani. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/369479792_FMEA_DFMEA_vs_FMECA>. Acesso em: 06 jun. 2023.

SAHOO, T.; SARKAR, P.K.; Sarkar A. K. (2014), Maintenance Optimization for Critical Equipments in Process Industry Based on FMECA Method. **International Journal of Engineering and Innovative Technology**, [s.l.], v. 3, n.10, p. 107-11, abr., 2014. Disponível em: <<https://www.semanticscholar.org/paper/Maintenance-Optimization-for-Critical-Equipments-in-Sahoo-Sarkar/32ac022b80b07188bb7c8278d7f517f927d6d21e>>. Acesso em: 07 jul. 2023.

SAKURADA, E. Y. **As técnicas de análise dos modos de falhas e seus efeitos e análise da árvore de falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 145, 2001. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/80128>>. Acesso em: 18 jun. 023.

SANTOS, J. K. R. **Aplicabilidade da FMEA no processo de elaboração de serviço em nuvem: o caso de uma pequena empresa de alta tecnologia**. Dissertação (Mestrado em Administração) - Departamento de Ciências Administrativas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, p. 122. 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/29966/1/DISSERTA%C3%87%C3%83O%20Juliana%20Karla%20Rodrigues%20de%20Souza%20Santos.pdf>>. Acesso em: 04 jul. 2023.

SANTOS, M. W. M. **Análise de falhas de uma frota de equipamentos móveis em uma mineradora do estado de Minas Gerais**. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, p. 55, 2022. Disponível em: <<https://www.monografias.ufop.br/handle/35400000/4161>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

SANTOS, R. B.; OLIVEIRA, U. R.; ROCHA, H. M. Failure mapping for occupational safety management in the film and television industry. **International Journal of Production Economics**, Amsterdã, v. 203, p. 1-12, set., 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.05.024>>. Acesso em: 13 jun. 2023.

SCHMITT, J.C.; LIMA, C. R. C. Método de Análise de Falhas utilizando a Integração das Ferramentas DMAIC, RCA, FTA e FMEA. **Espacios**, [s.l.], v. 37, n. 8, p. 3-20, jan. 2016. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a16v37n08/16370804.html>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

SILVA, A. M. **Manutenção centrada na confiabilidade: um estudo de caso aplicado em uma indústria do segmento alimentício**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção)- Núcleo de Tecnologia, Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, p. 52, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/43427>>. Acesso em 18 jun. 2023.

SILVA, E. J. F. **Utilização do método FMEA (failure mode and effects analysis) como mecanismo para avaliação de impacto ambiental na rua da lata localizada na cidade de Caruaru-PE**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Associação Caruaruense de Ensino Superior, Centro Universitário Tabosa de Almeida. Caruaru, p.53, 2017. Disponível em : <<http://repositorio.asc.es.edu.br/handle/123456789/1076>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

SILVA, S. R. C.; FONSECA, M.; BRITO, J. Metodologia FMEA e Sua Aplicação à Construção de Edifícios. *In*: Encontro Nacional Sobre Qualidade e Inovação na Construção, 1., 2006, Lisboa, **Anais...** Lisboa: [s.n.], 2006, n.p. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/283644318_Metodologia_FMEA_e_Sua_Aplicacao_a_Construcao_de_Edificios>. Acesso em: 19 ago. 2023.

SINGH, J.; SINGH, S.; SINGH, A. Distribution transformer failure modes, effects and criticality analysis (FMECA). **Engineering Failure Analysis**, [s.l.], v. 99, p. 180-191, fev., 2019. Disponível em: <doi:10.1016/j.engfailanal.2019.02.014 >. Acesso em: 15 jun. 2023.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

SOARES, T. M. C. Q. **Análise da eficácia da aplicação da Metodologia FMEA do Processo: Caso de estudo numa empresa certificada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Eletrotécnica e de Computadores) - Departamento de Engenharia Elétrica, Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto, p. 126. 2014. Disponível em : <<http://hdl.handle.net/10400.22/6592>> . Acesso em: 19 ago. 2023.

SOUZA, R. S. **Aplicação da ferramenta FMEA de processos em uma indústria de bebidas**. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade do Vale do Taquari. Lajeado, p. 89, 2017. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10737/1942>>. Acesso em: 12 jun. 2023.

TEIXEIRA, J. B. **Avaliação de confiabilidade de equipamentos em ambiente industrial: estudo de caso em uma fábrica de rótulos**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Petróleo) - Universidade Federal de São Paulo. Santos, p. 43, 2021. Disponível em: <<https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/60390>>. Acesso em: 15 jun. 2023.

WANG, Z. Current status and prospects of reliability systems engineering in China. **Frontiers of Engineering Management**, [s.l.], v. 8, n. 4, p. 492-502, set., 2021. Disponível em <<https://doi.org/10.1007/s42524-021-0172-2>> Acesso em: 14 jun. 2023.

WRIGHT, J. T. C.; GIOVINAZZO, R.A. DELPHI - uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 1, p. 54-65, jul., 2000. Disponível em: <<https://repositorio.usp.br/item/001173053>>. Acesso em: 22 jun. 2023.

ZAIONS, D. R. **Consolidação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma Planta de Celulose e Papel**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 219, 2003. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/3297>>. Acesso em: 11 jun. 2023.

ZANCHETTA, I.T. **Modelo FMEA/ FMECA Aplicado ao Sistema de Fiscalização Eletrônica de Transporte**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) - Universidade do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, p. 63, 2022. Disponível em: < https://www.pet.coppe.ufrj.br/images/documentos/dissertacoes/Disserta%C3%A7%C3%A3o_final_IgorTureta_Zanchetta.pdf> . Acesso em: 04 jul. 2023.

ZÚÑIGA, A. A.; FERNANDES, J. F. P; BRANCO, P. J. C. Fuzzy-Based Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis Applied to Cyber-Power Grids. **Energies**, Lisboa, v. 16, n. 8, p. 3346, abr., 2023. Disponível em : < <https://doi.org/10.3390/en16083346>> Acesso em: 18 jul. 2023.

APÊNDICE A - FORMULÁRIO FMECA

OPERAÇÃO	MODO POTENCIAL DE FALHA	EFEITO POTENCIAL DE FALHA	SEVERIDADE	CAUSA POTENCIAL DE FALHA	OCORRÊNCIA	CONTROLES EXISTENTES NO PROCESSO	DETECÇÃO	RPN	AÇÕES RECOMENDADAS
CARREGAMENTO DE PEÇAS	COMPONENTE DE VAGONETA MAL POSICIONADO	ACIDENTE COM PEÇAS DENTRO DO FORNO	4	DESCUIDO DO OPERADOR	5	CONTROLE VISUAL	2	40	Melhorar a inspeção visual
	DISTRIBUIÇÃO DE PEÇAS INSUFICIENTE	QUEDA DE TEMPERATURA	4	INDISPONIBILIDADE DE PEÇAS	5	CONTROLE VISUAL	1	20	Seguir a programação de quantidades mínimas de peças com tamanhos variados para enformamento
PRÉ- AQUECIMENTO	CURTO-CIRCUITO	PROBLEMA NO INVERSOR DE FREQUÊNCIA	3	SOBRECORRENTE	1	NÃO HÁ CONTROLE	1	3	Checkagem periódica da parte elétrica para evitar desgastes drásticos na parte elétrica do forno
	CIRCULAÇÃO DE GASES INADEQUADA	TRATAMENTO TÉRMICO PARALISADO	4	CANAIAS DE TRANSPORTE DE AR DANIFICADOS	1	NÃO HÁ CONTROLE	1	4	- Verificação de exaustores - Plano de manutenção
	CONTAMINAÇÃO DE FERRO	SUJEIRA DE FORNO	4	DESGASTE ESTRUTURAL	2	NÃO HÁ CONTROLE	5	40	Plano de manutenção interna
	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	ATRASO NO TRANSPORTE ACIDENTE COM VAGONETA	4 5	FALTA DE SERRAGEM INTERFERÊNCIA MECÂNICA	1 1	ATIVAÇÃO DE ALARME NO TOTEM (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)	1	4 5	Verificação da quantidade de serragem Plano de manutenção
QUEIMA	CONTROLE DE TEMPERATURA DESREGULADO	QUEDA DE TEMPERATURA	4	MÁ CALIBRAÇÃO	1	SINALIZAÇÃO VISUAL NO MONITOR (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)	2	8	Verificação da calibragem
	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	ATRASO NO TEMPO CORRETO DE QUEIMA ACIDENTE COM VAGONETA	4 5	FALTA DE SERRAGEM INTERFERÊNCIA MECÂNICA	1 1	ATIVAÇÃO DE ALARME NO TOTEM (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)	1	4 5	Verificação da quantidade de serragem Plano de manutenção
	CONTROLE DE TEMPERATURA DEFEITUOSO	OXIDAÇÃO DO TETO	4	PROBLEMA ELÉTRICO / FALTA DE CONTROLE	1	SINALIZAÇÃO VISUAL NO MONITOR (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)	2	8	Manutenção dos sensores térmicos
	CONTROLE DE AR INADEQUADO	QUEIMA EXCESSIVA QUEIMA INSUFICIENTE	4 3	CONTROLE DESREGULADO CONTROLE DESREGULADO	1 1	SINALIZAÇÃO VISUAL NO MONITOR (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)	2	8 6	Verificação do sistema de ar
	CONTAMINAÇÃO DE FERRO	SUJEIRA DE FORNO	4	DESGASTE ESTRUTURAL	2	NÃO HÁ CONTROLE	5	40	Plano de manutenção
RESFRIAMENTO	CONTROLE DE TEMPERATURA DESREGULADO	EXCESSO DE TEMPERATURA	4	MÁ CALIBRAÇÃO	2	SINALIZAÇÃO VISUAL NO MONITOR (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)	2	16	Verificação da calibragem
	TRAVAMENTO DE ROLAMENTO DE RODAS DA VAGONETA	ATRASO NO TRANSPORTE ACIDENTE COM VAGONETA	4 5	FALTA DE SERRAGEM INTERFERÊNCIA MECÂNICA	1 1	ATIVAÇÃO DE ALARME NO TOTEM (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)	1	4 5	Verificação da quantidade de serragem Plano de manutenção interna
	CONTROLE DE TEMPERATURA DEFEITUOSO	OXIDAÇÃO DO TETO	4	PROBLEMA ELÉTRICO / FALTA DE CONTROLE	1	SINALIZAÇÃO VISUAL NO MONITOR (SISTEMA DE AUTOMAÇÃO)	2	8	Manutenção dos sensores térmicos
	CONTAMINAÇÃO DE FERRO	SUJEIRA DE FORNO	4	DESGASTE ESTRUTURAL	2	NÃO HÁ CONTROLE	5	40	Plano de manutenção

APÊNDICE B - LISTA DE DEFEITOS PROVENIENTES DO ENFORNAMENTO

DEFEITOS RESULTANTES DE ENFORNAMENTO	
QE	QUEIMA EXCESSIVA
QI	QUEIMA INSUFICIENTE
QF	SUJEIRA DE FORNO
QR	RACHO POR RESFRIAMENTO
QT	ENTORTAMENTO DURANTE A QUEIMA