

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

LAURA ALESSIO

ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO PARA O SETOR
DE CORTE E COSTURA DE UMA EMPRESA DE SACARIAS DE RÁFIA

Caçador

2025

LAURA ALESSIO

ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO PARA O SETOR
DE CORTE E COSTURA DE UMA EMPRESA DE SACARIAS DE RÁFIA

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção do Câmpus Caçador do Instituto Federal de Santa Catarina para a obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Clarianne Natali de Campos

Caçador
2025

Alessio, Laura.
A372e Elaboração de um plano de gestão da manutenção para o setor de corte e costura de uma empresa de sacarias de rãfia / Laura Alessio ; orientador: Clarianne Natali de Campos. -- 2025.
65 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação)-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Caçador, 2025.
Inclui bibliografias.

1. Gestão da manutenção. 2. Manutenção preventiva. 3. Análise de falhas. 4. FMEA. 5. Setor de corte e costura. I. Campos, Clarianne Natali de. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina – Graduação em Engenharia de Produção. IV. Título.

CDD 658.5

LAURA ALESSIO

ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO PARA O SETOR
DE CORTE E COSTURA DE UMA EMPRESA DE SACARIAS DE RÁFIA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do título de Bacharelado em Engenharia de Produção, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, e aprovado na sua forma final pela comissão avaliadora abaixo indicada.

Caçador, 12 de Dezembro de 2025.

Prof^a. Clarianne Natali de Campos, Dra.
Orientadora
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Lucio Galvao Mendes, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Mateus Müller Franco, Me.
Instituto Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Sadineia Elisangela Gonçalves da Rocha e Camilo Alessio, que, mesmo diante das dificuldades, sempre me proporcionaram apoio, força, incentivo e condições para que eu pudesse cursar uma graduação em outro estado.

Agradeço, mãe, por todo o esforço e dedicação, por se preocupar com cada mínimo detalhe para que eu me sentisse confortável na nova casa, longe de vocês.

Agradeço, pai, pelo trabalho, esforço e por nunca deixar faltar o essencial, mesmo diante das dificuldades.

Me dediquei muito para honrar a oportunidade que eu tive e que vocês não puderam ter. Obrigada por tudo, amo muito vocês.

Também gostaria de agradecer ao amor da minha vida, João Vitor Paim Duarte, que foi minha maior inspiração, meu veterano e o melhor colega ao longo da graduação. Obrigada por estar ao meu lado em todos os momentos, por me ajudar nas matérias em que tive dificuldade, por acalmar meus surtos e me incentivar a nunca desistir. Agradeço por toda a paciência, compreensão e por tornar meus dias mais leves. Sou grata também por ter me apresentado à sua família, que hoje considero como parte da minha.

Também agradeço ao restante da minha família, que me apoiou de tantas formas, especialmente financeiramente no início da minha jornada acadêmica. Sem vocês, nada disso seria possível.

Agradeço aos professores do curso de Engenharia de Produção por compartilharem seus conhecimentos e contribuírem para minha formação. Estendo meus agradecimentos a todos os colegas pelas parcerias, aprendizados e apoio ao longo desses anos.

Agradeço à minha orientadora, Clarianne Natali de Campos, por acreditar no meu potencial, incentivar o desenvolvimento deste tema e por todo o apoio e conhecimento compartilhado durante o processo.

E, por fim, agradeço a mim mesma por ter acreditado no meu potencial, pela coragem de recomeçar a vida em outra cidade, por não ter desistido mesmo nos momentos mais difíceis e por ter seguido em frente com determinação. Essa conquista também é fruto do meu próprio esforço.

RESUMO

Este trabalho tem como finalidade desenvolver um plano de gestão da manutenção para o setor de corte e costura de uma indústria de fabricação de sacarias de rafia, situada na cidade de Caçador, Santa Catarina. A empresa apresenta um cenário crítico em relação à gestão da manutenção, adotando somente práticas corretivas, sem registros ou acompanhamento sistemático das condições dos equipamentos. O objetivo foi diagnosticar as principais causas das falhas operacionais, propor ações preventivas e sugerir o emprego de indicadores de desempenho. O desenvolvimento da pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa-ação, de natureza exploratória, com abordagem quanti-qualitativa. Para tanto, foram utilizados procedimentos como análise de documentos, observação direta dos processos e entrevistas com os colaboradores envolvidos. Também foram aplicadas ferramentas de engenharia, como o diagrama de *Ishikawa*, para identificar os fatores que contribuem para as falhas, e o *FMEA*, para priorização dos problemas. Como resultado, o estudo identificou, por meio do *FMEA*, os principais modos de falha nos subsistemas, destacando elevados valores de NPR em componentes críticos, como a máquina de costura e o pistão pneumático da haste. A partir dessas falhas, foi proposto um plano de manutenção preventiva estruturado, com definição de atividades e periodicidades, além da sugestão de indicadores de desempenho, visando à redução de paradas corretivas e ao aumento da confiabilidade dos equipamentos.

Palavras-Chave: Gestão da Manutenção. Manutenção Preventiva. Análise de falhas. *FMEA*. Setor de corte e costura.

ABSTRACT

This study aims to develop a maintenance management plan for the cutting and sewing sector of a raffia sack manufacturing industry located in Caçador, Santa Catarina, Brazil. The company faces a critical maintenance management scenario, relying exclusively on corrective maintenance practices, without systematic records or monitoring of equipment conditions. The objective of this study was to diagnose the main causes of operational failures, propose preventive actions, and suggest the use of performance indicators. The research is classified as action research with an exploratory nature and a quantitative and qualitative approach. Data collection methods included document analysis, direct process observation, and interviews with the involved employees. Engineering tools were applied, such as the Ishikawa diagram to identify factors contributing to failures and Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) to prioritize problems. As a result, the study identified the main failure modes in the subsystems through FMEA, highlighting high Risk Priority Number (RPN) values in critical components, such as the sewing machine and the pneumatic rod cylinder. Based on these findings, a structured preventive maintenance plan was proposed, with defined activities and maintenance intervals, as well as the suggestion of performance indicators, aiming to reduce corrective downtime and increase equipment reliability.

Keywords: Maintenance Management. Preventive Maintenance. Failure Analysis. FMEA. Cutting and Sewing Sector.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Responsabilidades da manutenção.....	17
Figura 2 - Tipos de manutenção.....	19
Figura 3 - Combinação dos modelos de falhas.....	22
Figura 4 - Diagrama de <i>Ishikawa</i>	28
Figura 5 - Fluxograma da fabricação de sacarias de rafia.....	32
Figura 6 - Extrusora.....	32
Figura 7 - Bobinadeiras e fios de trama de urdume.....	33
Figura 8 - Teares.....	34
Figura 9 - <i>Ishikawa</i> aplicado no problema.....	36
Figura 10 - Fluxograma da metodologia.....	37
Figura 11 - Processo de fabricação de sacarias de rafia.....	38
Figura 12 - Tipos de sacaria (laminada/convencional e boca aberta/valvulada).....	39
Figura 13 - Sacaria sanfonada/com <i>liner</i>	40
Figura 12 - Fluxograma das máquinas do setor.....	41
Figura 13 - Desbobinador.....	41
Figura 14 - Tracionador e alinhador.....	42
Figura 15 - Corte frio e corte quente.....	43
Figura 16 - Destacador.....	43
Figura 17 - Processo de costura.....	44
Figura 18 - Dobra manual.....	44
Figura 19 - Dobra automática.....	45
Figura 20 - Tombador.....	45
Figura 21 - Sistema de tração alternada por correias.....	46
Figura 22 - <i>Dashboard</i> dos indicadores.....	48

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Definições de termos de manutenção.....	18
Quadro 2 - Definições de termos de falhas.....	21
Quadro 3 - NPR: Classificações e pesos.....	25
Quadro 4 - Severidade: Classificações e pesos.....	25
Quadro 5 - Ocorrência: Classificações e pesos.....	26
Quadro 6 - Detecção: Classificação e pesos.....	26
Quadro 7 - Resumo comparativo por grupo de máquinas.....	49
Quadro 8 - Estrutura dos sistemas e componentes das máquinas.....	50
Quadro 9 - <i>FMEA</i> Corte.....	52
Quadro 10 - <i>FMEA</i> Costura.....	53
Quadro 11 - <i>FMEA</i> Transporte.....	54
Quadro 12 - <i>FMEA</i> Dobra.....	55
Quadro 13 - Falhas com alto NPR.....	56
Quadro 14 - Plano de Manutenção Preventiva.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados Iniciais.....	47
Tabela 2 - Cálculo dos indicadores.....	47
Tabela 3 - Média dos indicadores por grupo de máquinas.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAMAN – Associação Brasileira de Manutenção

FMEA – Análise dos Modos e Efeitos de Falha (*Failure Mode and Effects Analysis*)

FTA – Análise da Árvore de Falhas (*Fault Tree Analysis*)

MCC – Manutenção Centrada na Confiabilidade

MTBF – Tempo Médio Entre Falhas (*Mean Time Between Failures*)

MTTR – Tempo Médio de Reparo (*Mean Time to Repair*)

NBR – Norma Brasileira

NPR – Número de Prioridade de Risco

PVP – Programa de Verificação do Projeto

RCA – Análise de Causa Raiz (*Root Cause Analysis*)

5W2H – Metodologia de Planejamento e Ação (*What, Why, When, Where, Who, How, How much*)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Justificativa.....	13
1.2 Objetivos.....	14
1.2.1 Objetivo geral.....	14
1.2.2 Objetivos específicos.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1 Manutenção industrial: conceitos e tipos.....	16
2.2 Falhas: conceitos e classificação.....	20
2.2.1 Métodos de análise de falhas.....	23
2.2.1.1 <i>FMEA</i>	23
2.2.1.2 <i>RCA</i>	26
2.3 Confiabilidade na manutenção.....	29
2.3.1 Indicadores de manutenção.....	29
2.4 Processos de fabricação de sacarias de rafia.....	31
3 METODOLOGIA.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	38
4.1 Empresa de estudo.....	38
4.1.2 Setor de corte e costura.....	40
4.2 Indicadores de manutenção.....	46
4.3 Levantamento e Análise das Falhas.....	50
4.3.1 Aplicação do <i>FMEA</i>	51
4.3.2 Plano de Manutenção Preventiva.....	56
5 CONCLUSÃO.....	58

1 INTRODUÇÃO

Segundo Rezende (2024), a manutenção de equipamentos industriais é uma atividade estratégica essencial para garantir a continuidade operacional, aumentar a vida útil dos ativos e evitar custos inesperados decorrentes de falhas. Nessa mesma linha, Nascimento e Almeida (2021) ressaltam que a adoção de estratégias eficientes de manutenção contribui significativamente para a redução de interrupções no processo produtivo, além de otimizar o desempenho das operações e prolongar a durabilidade dos equipamentos. Reforçando a relevância do tema, estudos da Associação Brasileira de Manutenção (ABRAMAN), mostram que aproximadamente 5% do faturamento bruto da indústria são gastos com manutenções (ABRAMAN, 2022).

Gregório, Santos e Prata (2018) definem os principais tipos de manutenção, sendo a corretiva aquela realizada após a ocorrência de uma falha, podendo ser executada de forma imediata ou programada; a preventiva, que atua para evitar falhas, seguindo intervalos definidos de tempo ou oportunidades favoráveis; e a preditiva, monitorando parâmetros para prever falhas, possibilitando observar o equipamento sem necessidade de interromper seu funcionamento.

Devido à sua simplicidade de aplicação, a manutenção corretiva é frequentemente adotada por não exigir planejamento prévio. No entanto, embora pareça uma alternativa prática, essa abordagem pode resultar em altos custos com reparos emergenciais, perdas na produção devido a paradas inesperadas e riscos à segurança dos operadores, além de reduzir a vida útil dos equipamentos (Armac, 2022). Nesse sentido, pensar e agir estrategicamente possibilita que a manutenção seja integrada de forma eficaz ao processo produtivo, adotando uma abordagem preventiva, em um cenário cada vez mais competitivo e dinâmico, no qual não há mais espaço para improvisos (Kardec; Nascif, 2001).

Lisboa, Costa e Lima (2024) afirmam que, com o avanço da tecnologia e a necessidade de maior eficiência operacional, a manutenção industrial passou a adotar uma abordagem mais estratégica, substituindo gradativamente o modelo corretivo por práticas preventivas e sistemas integrados de gestão dos ativos. Segundo Oliveira (2019), a evolução da manutenção tornou-se essencial para empresas que almejam maior produtividade e menor incidência de falhas, vinculando-se diretamente aos resultados organizacionais. Dessa forma, foram

desenvolvidas ferramentas e métodos que auxiliam no monitoramento, controle e identificação de falhas, garantindo que as ações de manutenção sejam mais seguras, rápidas e eficazes.

No campo da manutenção industrial, diversas ferramentas e metodologias são utilizadas para auxiliar no tratamento e análise de falhas. De acordo com Fogliato (2009), a análise dos modos e efeitos de falha, também conhecida como FMEA (do inglês, Failure Mode and Effects Analysis), busca prevenir possíveis falhas e propor ações preventivas. Já o método de análise da árvore de falhas (FTA - do inglês, Fault Tree Analysis), é aplicado após a falha, auxiliando na investigação das suas causas. O autor ainda destaca o valor estratégico da Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC - do inglês, Reliability-Centered Maintenance - RCM), que busca garantir o desempenho adequado dos equipamentos por meio da identificação das possíveis falhas e da definição de estratégias de manutenção específicas. Kardec e Nascif (2001) apresentam a Análise de Causa Raiz (RCA - do inglês, Root Cause Analysis), como uma metodologia que visa identificar a verdadeira origem das falhas por meio de questionamentos contínuos do tipo “por quê?”, sendo especialmente recomendada para problemas crônicos que impactam significativamente o orçamento de manutenção.

Considerando as ferramentas previamente apresentadas, alguns estudos servem de exemplo quanto à sua utilização na identificação e tratamento de falhas. A pesquisa realizada por Fernandes et al. (2022), investiga as principais falhas no fornecimento de internet em uma provedora de telecomunicações localizada em Marabá-PA, utilizando ferramentas como *FTA* e *FMEA*. A aplicação do *FMEA* possibilitou a priorização das falhas mais críticas, orientando a implementação de um plano de ação estratégico para reduzir interrupções e melhorar a confiabilidade do serviço.

Araújo (2019), realizou um estudo em uma empresa de sacarias de ráfia, com ênfase na implementação da MCC em equipamentos de corte e costura, em que foram utilizadas ferramentas como o *FMEA* e as normas SAE JA1011 e SAE JA1012 para orientar a implementação da MCC. A pesquisa envolveu uma análise documental das falhas, permitindo analisar as falhas com maior impacto e definir as estratégias de manutenção adequadas. Como resultado, o estudo apontou que o subsistema de corte era o mais crítico, destacando que a aplicação da MCC contribui diretamente para aumentar a disponibilidade e confiabilidade do

equipamento.

Levando em consideração todas as ferramentas e técnicas disponíveis hoje para o trato da gestão da manutenção, ao verificar a sua aplicabilidade numa empresa de sacarias de ráfia localizada na cidade de Caçador, Santa Catarina, foi identificado que a indústria enfrenta desafios significativos no setor de corte e costura, principalmente pela ausência de um gerenciamento eficaz das atividades de manutenção. Atualmente, os consertos são realizados apenas quando ocorrem falhas, seguindo uma abordagem corretiva e sem planejamento, dependendo do conhecimento empírico dos mecânicos, o que gera inconsistências na solução dos problemas, resultando em paradas frequentes e inesperadas das máquinas e impactando diretamente na produção. A ausência de uma estratégia preventiva compromete o atendimento às demandas de produção. Além disso, a falta de controle e monitoramento adequados compromete a identificação das origens das falhas, mantendo a manutenção presa a um ciclo de ações corretivas. Assim, a pesquisa foi conduzida a partir da seguinte pergunta: “De que forma a elaboração de um plano de gestão da manutenção no setor de corte e costura de uma indústria de sacarias de ráfia pode contribuir para a identificação das falhas operacionais e para a definição de estratégias de manutenção mais eficientes?”.

Apesar dos progressos nas pesquisas sobre manutenção, ainda existe uma carência de estudos direcionados a empresas de sacarias de ráfia, tendo grande parte das publicações abordando o assunto de maneira ampla, sem explorar as especificidades dos equipamentos e dos processos desse ramo. Adicionalmente, a falta de informações detalhadas e exemplos práticos dificulta a criação de estratégias de manutenção para o setor analisado. Em vista desse cenário, o objetivo deste estudo é realizar um plano de gestão da manutenção, com o intuito de reduzir a ocorrência de falhas por meio da implementação de ações preventivas.

1.1 Justificativa

A justificativa deste trabalho reside na ausência de procedimentos padronizados de manutenção no setor de corte e costura, responsável por dar o formato final às sacarias e por identificar defeitos de etapas anteriores, servindo como controle de qualidade do produto. Observa-se que as intervenções de manutenção nesse setor são predominantemente corretivas e realizadas apenas

diante de falhas, o que evidencia a falta de um planejamento preventivo estruturado e compromete diretamente a produtividade e a confiabilidade do processo.

O planejamento da manutenção proporciona benefícios significativos para as empresas, uma vez que promove a elevação dos padrões de qualidade na produção, assegura melhores condições de segurança aos operadores, otimiza custos operacionais e a possibilidade de monitorar os resultados por meio de indicadores de manutenção, contribuindo diretamente com o sistema produtivo (Cappi, 2022).

Além disso, Edenred Mobilidade (2025), afirma que aplicando a manutenção preventiva ocorre uma redução de até 50% nas falhas dos equipamentos, como consequência também ocorre extensão da vida útil dos ativos. Um exemplo citado foi que motores podem passar de 5 para 8 anos, compressores de 7 para 12 anos e bombas de 6 para 10 anos. Também, paradas não planejadas podem custar até 10 vezes mais que paradas programadas, e a eficiência operacional pode ter um aumento de até 20%, contribuindo também na minimização do consumo de energia e maior segurança no ambiente de trabalho.

Observa-se que a atual abordagem de manutenção influencia negativamente o desempenho produtivo, pois as constantes intervenções corretivas causam paradas inesperadas e reduzem a eficiência do processo. Com as melhorias propostas, como a padronização das atividades e a adoção de ações preventivas, espera-se contribuir com estratégias para o aumento da disponibilidade dos equipamentos e a estabilidade do fluxo produtivo, tornando a manutenção uma aliada estratégica para alcançar melhores resultados em produtividade e qualidade.

1.2 Objetivos

Tendo em vista o problema apresentado e a delimitação da pesquisa, foram estabelecidos os seguintes objetivos gerais e específicos.

1.2.1 Objetivo geral

Executar uma análise sistemática de falhas operacionais no setor de corte e costura em uma empresa de sacarias de rafia, a fim de elaborar um plano de gestão da manutenção.

1.2.2 Objetivos específicos

- Levantar e analisar os principais modos de falhas operacionais, com o emprego de ferramentas específicas, que causam paradas não programadas.
- Identificar os ativos que possuem maior nível de criticidade para o setor de corte e costura.
- Propor um plano de manutenção preventiva baseado nos equipamentos com maior índice de criticidade.
- Sugerir o emprego de indicadores de confiabilidade dos equipamentos para monitorar o desempenho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção, serão apresentados os principais conceitos relacionados à manutenção industrial, abordando seus diferentes tipos e estratégias. Na sequência, será explorada a temática das falhas, incluindo sua classificação e os métodos utilizados para sua análise. Também serão mostrados os princípios da confiabilidade na manutenção, com ênfase nos indicadores utilizados para monitorar o desempenho dos equipamentos. Acrescenta-se ainda nesta seção, o processo de fabricação de sacarias de rafia.

2.1 Manutenção industrial: conceitos e tipos

A manutenção é entendida como a ação de conservar e preservar bens, tem origem na antiguidade, com raízes no latim. No contexto industrial, ela passou a ter maior relevância a partir do século XVI, quando a produção artesanal foi sendo substituída por processos industriais. A partir desse momento, manter as máquinas em operação tornou-se essencial. Durante a Segunda Guerra Mundial, a manutenção industrial ganhou ainda mais importância, o que impulsionou o desenvolvimento de técnicas voltadas ao planejamento, organização e controle das atividades de manutenção (Gregório; Silveira, 2018).

Para os autores Kardec e Nascif (2001), a trajetória da manutenção industrial ao longo do tempo é categorizada em três gerações distintas. A primeira, antes da Segunda Guerra Mundial, caracterizou-se por um ambiente industrial com baixa mecanização e equipamentos simples, que realizavam apenas ações corretivas após falhas. Com o avanço da mecanização durante e após a guerra, o surgimento de necessidades voltadas à elevação da confiabilidade e da produtividade foi um dos principais marcos da segunda geração, quando a manutenção preventiva passou a ser aplicada. Já a terceira geração, iniciada na década de 1970, foi impulsionada pela automação e pelo modelo *Just-In-Time*, favorecendo a manutenção preditiva, sustentada por análise de dados e no monitoramento das condições dos equipamentos para evitar paradas e minimizar riscos operacionais e ambientais.

Conforme Gregório, Santos e Prata (2018), as responsabilidades atribuídas à área de manutenção variam conforme a estratégia adotada pela organização. Em

algumas empresas, esse setor é visto de forma limitada, sendo responsável apenas por manter as máquinas funcionando, enquanto outras atribuem à manutenção como uma estratégia para obter vantagem competitiva e melhorar o desempenho operacional. Sob essa perspectiva estratégica, a manutenção passa a atuar em quatro grandes áreas de responsabilidade: planejamento, organização, execução e controle, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Responsabilidades da manutenção



Fonte: Adaptado de Gregório, Santos e Prata (2018, p. 26)

Gregório, Santos e Prata (2018) explicam que, nesse modelo cada etapa tem um papel fundamental: o planejamento estabelece os métodos, os padrões e os indicadores; a organização cuida da distribuição das pessoas e recursos; a execução lida com os reparos, o acompanhamento dos equipamentos e o treinamento da equipe; e o controle avalia os resultados, garantindo que tudo esteja alinhado com os objetivos da empresa. A seguir, no Quadro 1, encontram-se algumas definições de termos pertinentes à manutenção.

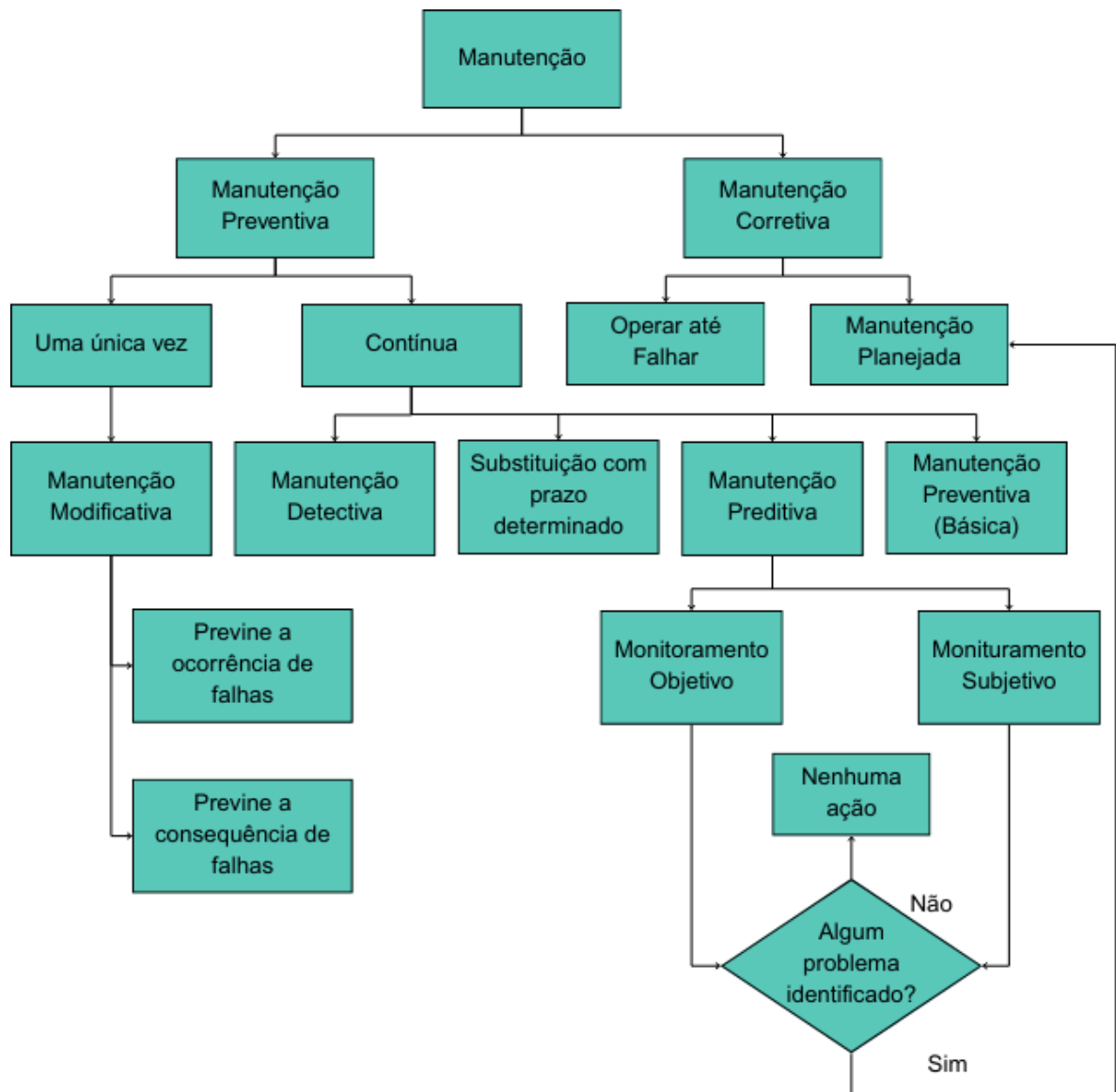
Quadro 1 - Definições de termos de manutenção

Termo	Definição
Manutenção	“Combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida” (NBR 5462; 1994, p. 6).
Manutenção preventiva	“Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item” (NBR 5462; 1994, p. 7).
Manutenção corretiva	“Manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida” (NBR 5462; 1994, p. 7).
Manutenção preditiva	“Manutenção que permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva” (NBR 5462; 1994, p. 7).

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

A gestão da manutenção pode ser estruturada a partir de diferentes tipos de abordagem, cada uma com finalidades, métodos e momentos distintos. Baptista (2024) interpretou através da definição de manutenção apresentada no Quadro 1, que todos os tipos de manutenção podem ser essencialmente agrupados em preventiva e corretiva, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2 - Tipos de manutenção



Fonte: Adaptado de Baptista (2024, p. 22).

A manutenção modificativa envolve intervenções realizadas para alterar equipamentos ou sistemas quando é necessário eliminar causas repetitivas de falhas ou tornar as atividades de manutenção mais simples e seguras. Também é aplicada quando se busca melhorar o desempenho operacional ou quando os reparos demandam muito tempo, geralmente devido às limitações do projeto original do equipamento (Baptista, 2024).

A manutenção detectiva, por sua vez, consiste em inspeções periódicas feitas em funções que não são perceptíveis durante a operação, principalmente em dispositivos de proteção, com a finalidade de encontrar falhas que os operadores não conseguem identificar visualmente. Já a manutenção por substituição com prazo

definido baseia-se na troca programada de componentes, seguindo recomendações do fabricante, histórico de funcionamento ou experiência técnica. A manutenção preventiva básica abrange cuidados rotineiros e simples que evitam a degradação acelerada dos equipamentos, como limpeza, lubrificação, alinhamento, ajustes, filtragem e reapertos (Baptista, 2024).

A manutenção preditiva pode ser executada de duas formas. No método subjetivo, utilizam-se os sentidos humanos para perceber indícios iniciais de falhas, sendo uma alternativa acessível, porém limitada e dependente da experiência do operador. Já o método objetivo utiliza sensores e instrumentos de medição para monitorar parâmetros específicos dos equipamentos, de maneira periódica ou contínua, oferecendo maior precisão e capacidade de antecipação na identificação de falhas (Baptista, 2024).

2.2 Falhas: conceitos e classificação

A análise de falhas, dentro da rotina de manutenção industrial, tem como finalidade entender por que um componente ou processo apresentou defeito e o que pode ser feito para evitar que isso aconteça novamente. Esse tipo de investigação permite identificar a origem do problema, definir ações corretivas adequadas e reduzir a chance de novas ocorrências (Oliveira et al., 2024). Além de fortalecer a confiabilidade dos equipamentos, essa prática contribui para operações mais eficientes, maior segurança e menor gasto com intervenções emergenciais. A adoção de medidas preventivas torna-se essencial nesse cenário. Quando uma falha não é devidamente tratada, pode resultar em interrupções na produção, custos elevados e até impactos negativos na reputação da empresa (NGI, 2023). O Quadro 2 sintetiza os principais conceitos sobre tipos de falhas, destacando suas classificações e particularidades.

Quadro 2 - Definições de termos de falhas

Termo	Definição
Falha	“Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida” (NBR 5462; 1994, p. 3).
Falha crítica	“Falha que provavelmente resultará em condições perigosas e inseguras para pessoas, danos materiais significativos ou outras consequências inaceitáveis” (NBR 5462; 1994, p. 3).
Falhas não crítica	“Falha que não seja crítica” (NBR 5462; 1994, p. 3).
Falha por uso incorreto	“Falha devida à aplicação de solicitações além dos limites especificados ou a erros de instalação ou operação” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha por manuseio	“Falha causada por manuseio incorreto ou falta de cuidado com o item” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha por fragilidade	“Falha devida a uma fragilidade no próprio item, quando submetido a solicitações previstas nas especificações” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha de projeto	“Falha de um item devida a projeto inadequado (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha de fabricação	“Falha de um item devida à não-conformidade da fabricação com o projeto ou com os processos de fabricação especificados” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha aleatória	“Qualquer falha cuja causa ou mecanismo faça com que seu instante de ocorrência se torne imprevisível, a não ser no sentido probabilístico e estatístico” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha por deterioração	“Falha que resulta de mecanismos de deterioração inerentes ao item, os quais determinam uma taxa de falha instantânea crescente ao longo do tempo” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha repentina	“Falha que não poderia ser prevista por um exame anterior ou monitoração” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha gradual	“Falha devida a uma mudança gradual com o tempo de dadas características de um item” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha catastrófica	“Falha repentina que resulta na incapacidade completa de um item desempenhar todas as funções requeridas” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha relevante	“Falha que deve ser considerada na interpretação dos resultados operacionais ou de ensaios, ou no cálculo do valor de uma medida de confiabilidade” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha não-relevante	“Falha a ser desconsiderada na interpretação dos resultados operacionais ou de ensaios, ou no cálculo do valor de uma medida de confiabilidade” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha primária	“Falha de um item que não é causada direta ou indiretamente pela falha ou pane de outro item” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha secundária	“Falha de um item causada direta ou indiretamente pela falha ou pane de outro item” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Causas de falha	“Circunstâncias relativas ao projeto, fabricação ou uso que conduzem a uma falha” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Mecanismos de falha	“Conjunto de processos físicos, químicos ou outros que conduzem a uma falha” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha sistemática	“Falha relacionada de um modo determinístico a uma certa causa, que somente pode ser eliminada por uma modificação do projeto, do processo de fabricação, dos procedimentos operacionais, da documentação ou de outros fatores relevantes” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha parcial	“Falha que resulta na incapacidade do item desempenhar algumas, mas não todas, funções requeridas” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha por degradação	“Falha que é simultaneamente gradual e parcial” (NBR 5462; 1994, p. 4).
Falha completa	“Falha caracterizada pelo fato de o item não conseguir desempenhar nenhuma das funções requeridas” (NBR 5462; 1994, p. 4).

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

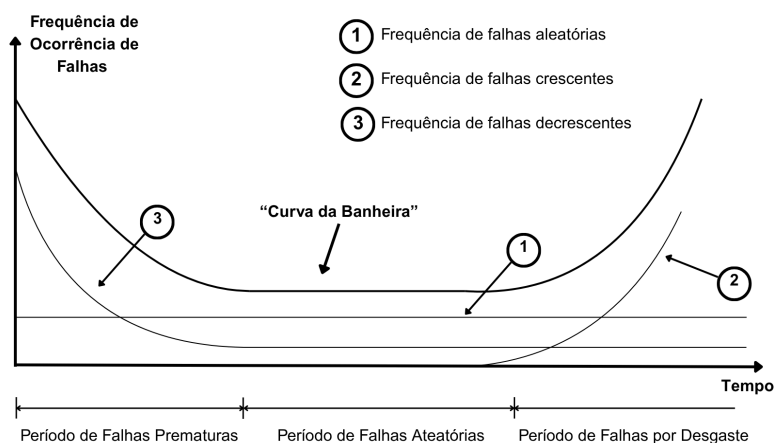
De forma geral, as falhas em equipamentos podem ser explicadas por três

grupos de causas. A primeira delas está relacionada à própria resistência do equipamento, que pode ser insuficiente devido a problemas no projeto, na seleção dos materiais ou no processo de fabricação. A segunda refere-se ao uso incorreto, quando o equipamento é submetido a esforços superiores ao que foi projetado para suportar, muitas vezes por falhas nos procedimentos operacionais. A terceira diz respeito à manutenção inadequada, que ocorre quando ações preventivas deixam de ser feitas ou são executadas de forma insuficiente, acelerando o desgaste e favorecendo o surgimento de defeitos (Xenos, 2014).

Quanto à frequência com que as falhas aparecem, ela pode seguir três comportamentos distintos: constante, crescente ou decrescente. Uma frequência constante indica falhas aleatórias, que não guardam relação direta com o tempo de uso do equipamento. Já a frequência crescente costuma estar ligada a mecanismos naturais de deterioração, como desgaste, fadiga ou corrosão, que se intensificam conforme o equipamento envelhece. Em contraste, a frequência decrescente ocorre quando a confiabilidade melhora ao longo do tempo, geralmente após a substituição de componentes menos robustos ou a correção de falhas existentes desde o projeto ou a instalação (Xenos, 2014).

A forma como esses padrões evoluem ao longo da vida útil de um ativo é ilustrada pela chamada curva da banheira, apresentada na Figura 3. Ela reúne as três fases típicas de falha: uma etapa inicial com tendência de queda na frequência (mortalidade infantil), seguida por um período mais longo de falhas aleatórias e, por fim, uma fase em que as falhas aumentam progressivamente devido ao envelhecimento do componente (Xenos, 2014).

Figura 3 - Combinação dos modelos de falhas



Fonte: Adaptado de Xenos (2014, p. 93).

Nem toda falha em equipamentos industriais acontece só por causa do tempo de uso ou desgaste natural das peças. Muitas vezes, os primeiros sinais de problema aparecem logo no começo da operação, o que pode indicar falhas no projeto, na fabricação ou na instalação. Esses defeitos desde o início comprometem a confiabilidade do equipamento e geram prejuízos à operação, como paradas inesperadas e custos elevados de manutenção corretiva. A adoção de medidas preventivas nas fases anteriores à operação é, portanto, fundamental para garantir maior estabilidade ao longo da vida dos ativos (Kardec; Nascif, 2001).

2.2.1 Métodos de análise de falhas

No que diz respeito às falhas, um dos trabalhos mais importantes está na identificação de suas causas fundamentais, pois sem isso nenhum esforço para resolver problemas de incidência de falhas em equipamentos estará completo ou trará resultados preventivos. Para aprender com as falhas e tomar contramedidas adequadas para evitar sua reincidência, é necessário conhecer todos os fatores que levaram ou possam levar à ocorrência, o que na prática exige romper o ciclo vicioso das falhas por meio da aplicação de ferramentas de análise específicas (Xenos, 2014).

Por esta razão, métodos estruturados como o *FMEA* e o *RCA*, que serão explicados nos próximos tópicos são tão importantes, pois ajudam a organizar e aprofundar a investigação de falhas, permitindo que as equipes descubram não apenas o que aconteceu, mas porque aconteceu e como evitar sua recorrência.

2.2.1.1 FMEA

O *FMEA*, sigla em inglês para *Failure Mode and Effect Analysis* (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos), consiste em uma metodologia de confiabilidade utilizada para identificar e avaliar falhas potenciais em produtos ou processos, buscando ações que reduzam ou eliminem a probabilidade de sua ocorrência, além de documentar o estudo para futuras melhorias e revisões (Fogliato, 2009).

Kardec e Nascif (2001), afirmam que o *FMEA* se configura como uma abordagem estruturada que auxilia na identificação e priorização de falhas

potenciais em equipamentos, sistemas ou processos, sendo frequentemente utilizada como etapa preliminar para o desenvolvimento de programas de análise de causas raiz. Trata-se de um sistema lógico que organiza as falhas de forma hierárquica, indicando recomendações para ações preventivas e envolvendo especialistas dedicados à análise e resolução dos problemas.

Conforme Fogliato (2009), o *FMEA* é aplicável tanto no desenvolvimento do projeto quanto no planejamento do processo produtivo, cada uma com finalidades específicas. Quando usada no projeto, a análise ajuda a antecipar possíveis falhas em componentes ou sistemas, permitindo ajustes ainda na fase de concepção. Já no processo, o foco está em prevenir falhas durante as etapas de fabricação e montagem, garantindo que o produto seja feito com qualidade.

A ferramenta utiliza conceitos fundamentais para identificar e priorizar falhas, como a causa, que representa o motivo pelo qual uma falha pode ocorrer; o modo de falha, que descreve como essa falha se manifesta, e o efeito, que é o impacto percebido pelo cliente ou pela próxima etapa do processo. Também são considerados a frequência da ocorrência, a gravidade do impacto e a detectabilidade da falha, sendo que esses três fatores compõem o número de prioridade de risco (NPR), exibido na Equação 1, utilizado para definir a ordem de tratamento das falhas com base na sua criticidade (Kardec; Nascif, 2001).

$$NPR = \text{Frequência} \times \text{Gravidade} \times \text{Detectabilidade} \quad (1)$$

O processo para determinar a taxa de risco de falha de um componente segue algumas etapas chave. Inicialmente, deve-se identificar e detalhar o modo de falha, avaliando as condições em que o equipamento pode falhar. Em seguida, é importante analisar os efeitos dessa falha, levando em conta os impactos na produção, qualidade do produto e possíveis prejuízos. A próxima etapa consiste em avaliar a frequência, a gravidade e a detectabilidade da falha, utilizando uma classificação numérica de 1 a 10 correspondente a cada critério. Com esses dados, calcula-se o Número de Prioridade de Risco (NPR), e posteriormente, são elaborados planos de ação para corrigir ou minimizar as falhas identificadas. Como pode ser visualizado no Quadro 3, os pesos e suas classificações associadas estão detalhados (Kardec; Nascif, 2001).

Quadro 3 - NPR: Classificações e pesos

Componente do NPR	Classificação	Peso
Frequência da Ocorrência (F)	Improvável	1
	Muito pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
Gravidade da Falha (G)	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
Detectabilidade (D)	Alta	1
	Moderada	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10
Índice de Risco (NPR)	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito alto	200 a 1000

Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2001, p. 133)

Fogliato (2009) complementa a aplicação do *FMEA* ao propor escalas qualitativas que orientam a equipe na avaliação dos modos potenciais de falha. A severidade é medida de acordo com o impacto do efeito no desempenho ou na segurança do sistema, apresentado no Quadro 4, a ocorrência relaciona-se à probabilidade de a causa ou mecanismo de falha se manifestar, mostrado no Quadro 5, e a detecção refere-se à capacidade dos controles atuais, denominados Programa de Verificação do Projeto (PVP), identificarem a falha antes que o produto ou processo seja liberado para produção, abordado no Quadro 6.

Quadro 4 - Severidade: Classificações e pesos

Severidade do efeito		Escala
Muito alta	Quando compromete a segurança da operação ou envolve infração a regulamentos governamentais	10
		9
Alta	Quando provoca alta insatisfação do cliente, por exemplo, um veículo ou aparelho que não opera, sem comprometer a segurança ou implicar infração	8
		7
Moderada	Quando provoca alguma insatisfação, devido à queda do desempenho ou mau funcionamento de partes do sistema	6
		5
Baixa	Quando provoca uma leve insatisfação, o cliente observa apenas uma leve deterioração ou queda no desempenho	4
		3
Mínima	Falha que afeta minimamente o desempenho do sistema, e a maioria dos clientes talvez nem mesmo note sua ocorrência	2
		1

Fonte: Adaptado de Fogliato (2009, p. 179)

Quadro 5 - Ocorrência: Classificações e pesos

Ocorrência de falha	Taxa de falhas	Escala	
Muito alta	Falhas quase inevitáveis	100/1000	10
		50/1000	9
Alta	Falhas ocorrem com frequência	20/1000	8
		10/1000	7
Moderada	Falhas ocasionais	5/1000	6
		2/1000	5
		1/1000	4
Baixa	Falhas raramente ocorrem	0,5/1000	3
		0,1/1000	2
Mínima	Falhas muito improváveis	0,01/1000	1

Fonte: Adaptado de Fogliato (2009, p. 180)

Quadro 6 - Detecção: Classificação e pesos

Possibilidade de detecção		Escala
Muito Remota	O PVP não irá detectar esse modo de falha, ou não existe PVP	10
Remota	O PVP provavelmente não irá detectar esse modo de falha	9
		8
Baixa	Há uma baixa probabilidade de o PVP detectar o modo de falha	7
		6
Moderada	O PVP pode detectar o modo de falha	5
		4
Alta	Há uma alta probabilidade de o PVP detectar o modo de falha	3
		2
Muito Alta	É quase certo que o PVP irá detectar esse modo de falha	1

Fonte: Adaptado de Fogliato (2009, p. 182)

2.2.1.2 RCA

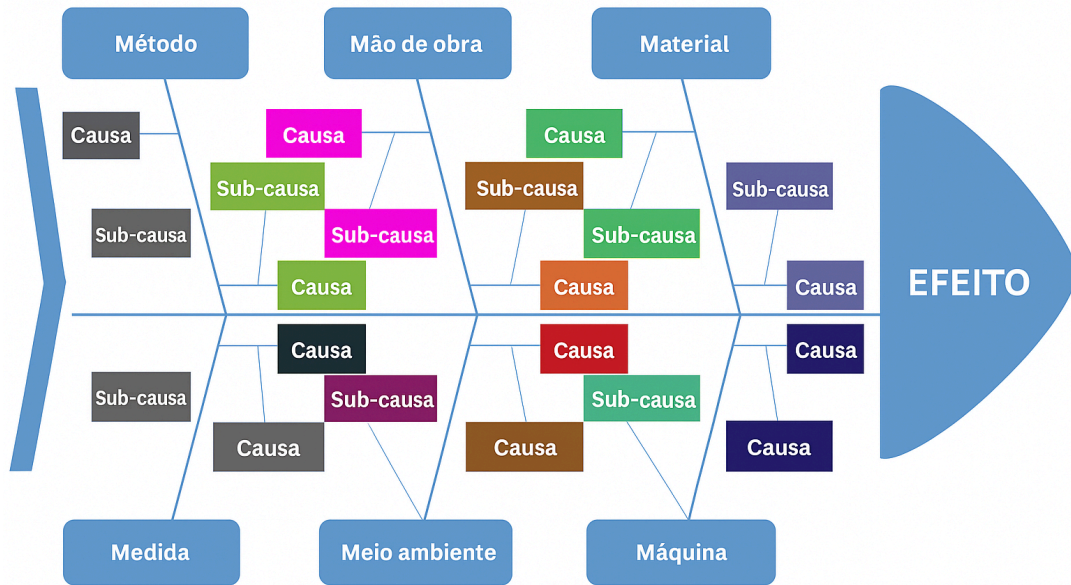
Como técnica investigativa, a análise de causa raiz examina minuciosamente as causas fundamentais de falhas em máquinas, combinando análise de evidências físicas, aplicação de princípios de engenharia, e utilização de ferramentas analíticas estruturadas. A aplicação dessa metodologia geralmente segue uma sequência de etapas bem definidas: coleta de dados, compreensão das funções dos componentes e do sistema, identificação de condições anormais de operação, listagem de possíveis causas, eliminação de causas improváveis, determinação das causas raízes e, por fim, construção de um plano de medidas corretivas (Castro-Castro; Cendales-Ladino, 2019).

A *RCA*, que antes era aplicada apenas a equipamentos considerados críticos,

passou a ser recomendada de forma mais ampla devido ao seu potencial de gerar ganhos significativos na manutenção. Isso é especialmente relevante para problemas crônicos, que podem consumir até metade do orçamento da manutenção, mostrando-se até mais caros do que falhas em equipamentos vitais. Assim, problemas crônicos indicam falhas na gestão da manutenção, já que não deveriam persistir sem solução (Kardec; Nascif, 2001).

A ferramenta pode ser aplicada por meio de diferentes métodos, dependendo da natureza do problema e do contexto da empresa. Entre esses métodos, Kardec e Nascif (2001) destacam o uso dos 5 porquês, uma técnica que consiste no questionamento sistemático “por quê?” para descobrir a origem real do problema. A metodologia baseia-se em repetir a pergunta sucessivamente até que não haja mais sentido continuar garantindo que não apenas os sintomas sejam tratados, mas sim a raiz do problema.

O Diagrama de *Ishikawa* é uma ferramenta usada para identificar as causas de um problema, com base nos métodos 4Ms ou 6Ms. Seu visual lembra a estrutura de um peixe, conforme mostrado na Figura 4. A aplicação dessa ferramenta envolve explorar os efeitos conhecidos e analisar as causas por meio do Método 6M, que organiza as áreas principais do problema. Esta ferramenta gráfica auxilia no mapeamento das causas e seus desdobramentos, possibilitando uma visualização esquemática dos fatores que geram efeitos indesejados e auxiliando na compreensão da raiz do problema (Souza, 2021).

Figura 4 - Diagrama de *Ishikawa*

Fonte: Adaptado de Moreira (2021, p. 2)

Identificadas as causas fundamentais, torna-se imprescindível a formulação de um plano de ação efetivo para sua completa eliminação. Segundo Bassan (2023), uma das ferramentas mais utilizadas para esse propósito é o *5W2H*, que funciona como um sistema de verificação estruturado para mapear e detalhar todos os aspectos relevantes da situação, estruturar o plano de ação e orientar a gestão das atividades.

A metodologia é baseada em sete perguntas-chave:

- *What*: o que será feito?
- *Why*: por que será feito?
- *When*: quando será feito?
- *Where*: onde será feito?
- *Who*: quem será o responsável?
- *How*: como será feito?
- *How much*: quanto custará?

Com essas perguntas, a ferramenta permite organizar de forma clara todas as etapas do plano de ação, atribuindo responsabilidades específicas, definindo prazos realistas, estimando os custos envolvidos e detalhando os métodos de execução e monitoramento.

2.3 Confiabilidade na manutenção

Os primeiros estudos organizados sobre confiabilidade começaram no período pós Primeira Guerra Mundial, quando engenheiros militares buscaram comparar o desempenho de aeronaves com diferentes configurações de motores. O tema ganhou ainda mais importância durante a Segunda Guerra Mundial, especialmente após falhas recorrentes nos mísseis V-1, o que incentivou estudos voltados à prevenção de falhas. A partir disso, foram desenvolvidos modelos probabilísticos com o objetivo de estimar a confiabilidade de sistemas cada vez mais complexos (Fogliato, 2009).

Com o avanço da indústria e da tecnologia, tornou-se essencial garantir que máquinas e sistemas funcionem de forma contínua e segura. Nesse contexto, a confiabilidade passou a ser entendida como a probabilidade de um componente ou sistema executar sua função requerida, sem falhas, durante um intervalo de tempo específico e sob condições operacionais definidas. Essa definição exige critérios claros sobre o que é considerado funcionamento adequado (Fogliato, 2009).

Segundo Oliveira (2014), confiabilidade pode ser compreendida como a chance de um item cumprir adequadamente sua função dentro de condições específicas de operação e por um tempo definido. Essa medida é fundamental para a manutenção, pois permite avaliar os riscos de interrupções na produção causadas pela indisponibilidade de equipamentos.

2.3.1 Indicadores de manutenção

De acordo com Gregório, Santos e Prata (2018), os indicadores utilizados na manutenção servem não apenas para acompanhar os resultados das estratégias adotadas, mas também como instrumentos para detectar fragilidades nos processos, incluindo possíveis lacunas na qualificação das equipes, o que pode justificar ações voltadas ao aprimoramento profissional.

A utilização de indicadores na manutenção contribui significativamente para o monitoramento do desempenho dos ativos, permitindo não apenas a identificação de falhas recorrentes, mas também a avaliação da efetividade das ações realizadas. Esses dados servem como base para comparar resultados, orientar ajustes

operacionais e garantir a evolução contínua dos procedimentos de manutenção (Oliveira, 2014).

A escolha dos indicadores de manutenção deve estar alinhada à estratégia da empresa, priorizando um número reduzido de métricas que permitam monitoramento eficaz. Tais indicadores precisam oferecer uma compreensão objetiva da eficiência dos processos, permitindo tanto o diagnóstico preciso de problemas quanto o planejamento de intervenções estratégicas (Gregório; Santos; Prata, 2018).

Segundo Gregório, Santos e Prata (2018), diversos indicadores são utilizados na área de manutenção para avaliar o desempenho dos ativos, permitindo tomadas de decisão mais assertivas. A seguir, são apresentados alguns dos principais:

- Tempo médio entre falhas (*MTBF — Mean Time Between Failures*)
Refere-se ao período médio de operação sem interrupções entre falhas de um determinado equipamento. Pode ser calculado por meio da Equação 2.

$$MTBF = \frac{\Sigma \text{Tempo de bom funcionamento do equipamento}}{\text{Número de intervalos observados}} \quad (2)$$

- Tempo médio de reparo (*MTTR — Mean Time to Repair*)
Refere-se ao tempo médio em que um equipamento permanece inativo até que os reparos sejam concluídos. Pode ser obtido conforme a Equação 3.

$$MTTR = \frac{\Sigma \text{Tempo de não funcionamento do equipamento}}{\text{Número de intervenções realizadas}} \quad (3)$$

- Taxa de falhas (λ)
Representa a frequência com que ocorrem falhas em um determinado intervalo de tempo. Sua determinação pode ser feita utilizando a Equação 4.

$$\lambda = \frac{\text{Número de falhas observadas}}{\Sigma \text{Tempo de bom funcionamento do ativo}} \quad (4)$$

- Confiabilidade (*R — Reliability*)
Expressa à medida da capacidade de um item em manter seu desempenho funcional dentro dos limites especificados, sob condições operacionais

definidas, ao longo de um horizonte temporal estabelecido. A mensuração da confiabilidade pode ser realizada com base na Equação 5.

$$R = e^{-\lambda t} \quad (5)$$

Onde:

- $R(t)$: confiabilidade no tempo t
- e : base dos logaritmos neperianos ($e \approx 2,303$)
- λ : taxa de falhas
- t : tempo de operação previsto

- Disponibilidade

É a razão entre o tempo em que o equipamento esteve apto para operar e o tempo total considerado. Esse indicador pode ser representado conforme a Equação 6.

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\Sigma \text{Tempo disponível para a produção}}{\Sigma \text{Tempo disponível para a produção} + \Sigma \text{Tempos em manutenção}} \quad (6)$$

- Manutenibilidade ou mantenabilidade

Refere-se à capacidade de um ativo ser reparado ou mantido eficientemente dentro do prazo aceitável, conforme a Equação 7.

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (7)$$

Onde:

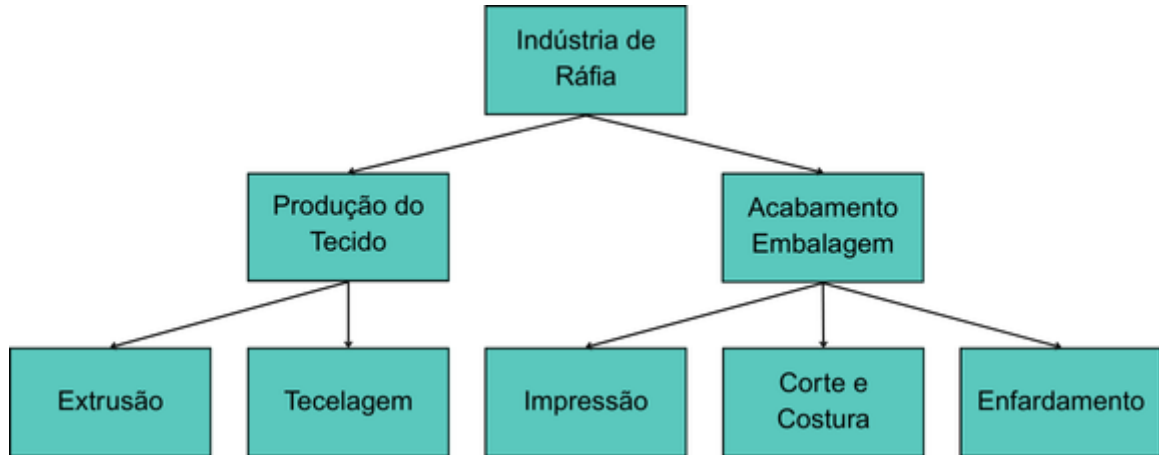
- $M(t)$: função da manutenibilidade
- e : base dos logaritmos neperianos ($e \approx 2,303$)
- μ : taxa de reparo
- t : tempo previsto para reparo

2.4 Processos de fabricação de sacarias de rafia

Segundo Holzschuh (2009), a indústria de rafia se estrutura em dois grandes macroprocessos: um voltado à tecelagem, que inclui a extrusão das fitas e sua transformação em tecido, e outro referente ao acabamento, que abrange a

impressão, o corte, a costura e o enfardamento das embalagens em lotes organizados, como ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma da fabricação de sacarias de rafia



Fonte: Adaptado de Holzschuh (2009, p. 60)

O processo de produção de embalagens de rafia tem início na extrusão mostrada na Figura 6, etapa em que a matéria-prima, misturada a aditivos, é fundida por uma rosca aquecida, sendo posteriormente comprimida por uma matriz para formar um filme. Após o resfriamento em água, esse material é cortado em tiras com larguras específicas, originando os fios de trama e urdume. Esses elementos são desenvolvidos com propriedades que asseguram a gramatura e resistência adequadas ao tecido, conforme as exigências do mercado (Ribeiro, 2017).

Figura 6 - Extrusora



Fonte: Holzschuh (2009, p. 61)

Após o corte do filme em fitas, estas passam por um processo de estiramento por cilindros aquecidos e, em seguida, são enroladas em bobinas por uma bobinadeira, conforme mostrado na Figura 7. Essas bobinas contêm os fios de trama e urdume que serão utilizados na tecelagem (Holzschuh, 2009).

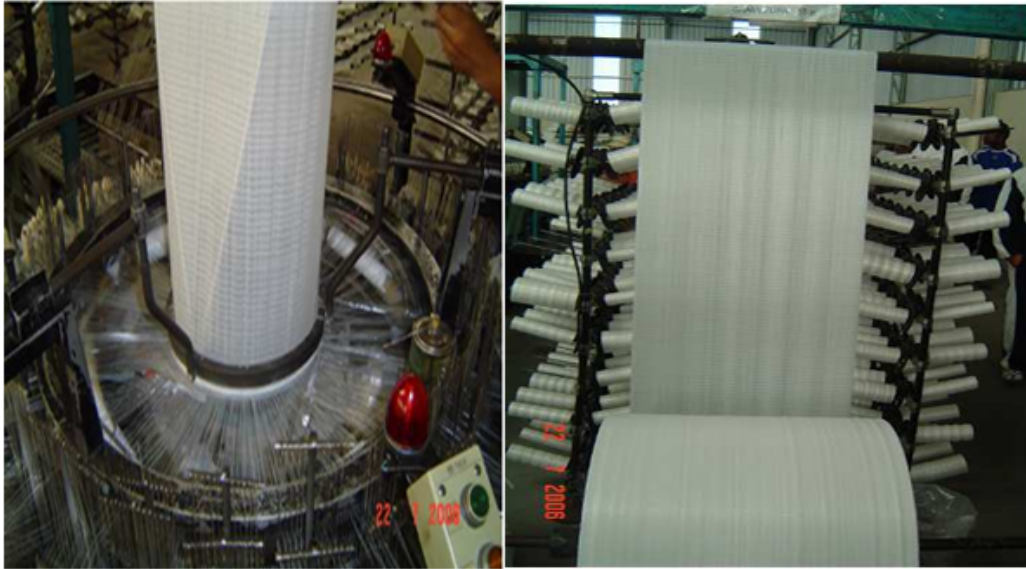
Figura 7 - Bobinadeiras e fios de trama de urdume



Fonte: Holzschuh (2009, p. 61 e 67)

Após a extrusão, os fios são levados aos teares, onde o fio de urdume é posicionado nas gaiolas e atravessa o equipamento para formar a estrutura do tecido. Já o fio de trama é inserido em lançadeiras, que trançam o material formando um tecido tubular contínuo, conforme mostrado na Figura 8. Esse tecido é então conduzido até o bobinador, onde é enrolado em bobinas com vários metros de comprimento, prontas para as próximas etapas do processo (Holzschuh, 2009).

Figura 8 - Teares



Fonte: Holzschuh (2009, p. 61 e 67)

No setor de impressão, o tecido já finalizado na etapa anterior recebe a arte definida pelo cliente por meio de impressoras flexográficas. Esse tipo de equipamento utiliza clichês em relevo conforme a quantidade de cores do desenho. O processo envolve o desenrolamento do rolo de tecido, a transferência da tinta através de cilindros dedicados a cada cor e a posterior secagem, que assegura a fixação adequada da impressão. Dependendo da necessidade, podem ser aplicados recursos adicionais, como tratamento corona e sistemas específicos de secagem, para melhorar a adesão e a qualidade final da arte (Ribeiro, 2017).

Após essa etapa, o tecido segue para o setor de corte e costura, onde ocorre a conformação final das embalagens. Nesse ponto, o operador realiza a inspeção visual e separa unidades que apresentem defeitos, seja na impressão, no corte ou na costura. As embalagens aprovadas são agrupadas em lotes, enfardadas e encaminhadas ao estoque de expedição, permanecendo disponíveis para o envio ao cliente (Holzschuh, 2009).

3 METODOLOGIA

Essa pesquisa é classificada como uma pesquisa-ação de caráter exploratório, pois, conforme Martins e Theóphilo (2016), trata-se de uma estratégia investigativa, caracterizada pela participação ativa do pesquisador junto aos sujeitos envolvidos, com o propósito de intervir diretamente na realidade estudada, por meio da identificação e compreensão coletiva dos problemas existentes e da experimentação de soluções em contextos reais.

A abordagem empregada neste estudo é quanti-qualitativa, pois, de acordo com Machado (2023), esse tipo de abordagem permite integrar análises numéricas e compreensões subjetivas, sendo adequada para estudos que exigem a articulação entre dados objetivos e contextos sociais mais amplos.

Os métodos de coleta de dados utilizados são a entrevista, a análise documental e a observação. Segundo Gil (2022), as entrevistas podem ser classificadas em modalidades como a aberta, com perguntas definidas e respostas livres; a guiada, com questões elaboradas durante a conversa; a entrevista por pautas, baseada em tópicos de interesse; e a informal, semelhante a uma conversa espontânea. A observação, por sua vez, pode ser espontânea, sistemática ou participante, variando conforme o grau de envolvimento do pesquisador com o ambiente estudado. Já a análise documental abrange a consulta a diferentes tipos de fontes, como documentos administrativos, publicações institucionais e registros disponíveis na internet.

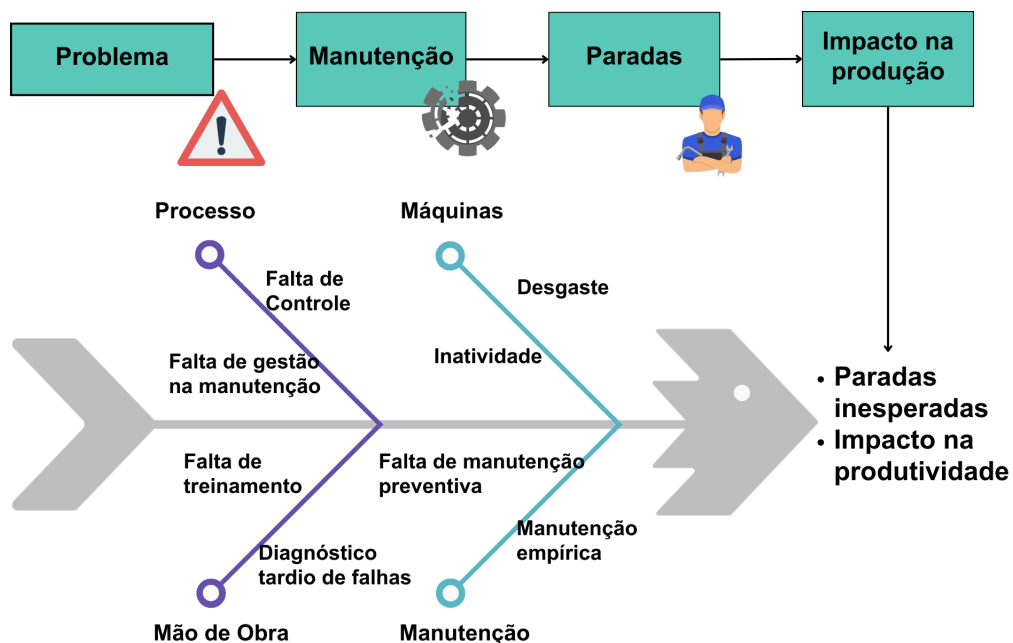
O objeto de estudo deste trabalho é o setor de corte e costura de uma indústria do segmento de produção de sacarias de rafia. O mesmo possui papel fundamental no processo produtivo, já que neste estágio ocorre a modelação das sacarias, podendo ser obtidos sacos do tipo boca aberta ou sacos valvulados.

Atualmente, o setor conta com três tipos distintos de máquinas: máquinas de corte boca aberta, valvuladeiras semi-automáticas e uma valvuladeira automática. Além de sua função principal na definição do formato final dos sacos, o setor também atua como uma espécie de ponto de controle de qualidade, uma vez que é nele que frequentemente são identificados defeitos provenientes de etapas anteriores do processo produtivo. A escolha desse setor como objeto de estudo justifica-se tanto pela sua relevância dentro do fluxo produtivo quanto pela recorrência de falhas operacionais que impactam diretamente a produtividade, a

qualidade dos produtos e os prazos de entrega.

Inicialmente, realizou-se um diagnóstico da situação atual do setor de manutenção da empresa em estudo. Por meio de uma entrevista informal com um dos mecânicos, identificou-se a carência de uma gestão eficiente responsável pela manutenção. Foi relatado que o setor atua de forma predominantemente corretiva, ou seja, os reparos são executados apenas quando ocorre alguma falha. Não há um controle sistematizado do estado das máquinas, causando interrupções frequentes e inesperadas. Para facilitar a visualização das causas relacionadas a esse cenário, foi elaborado um diagrama de *Ishikawa*, apresentado na Figura 9.

Figura 9 - *Ishikawa* aplicado no problema



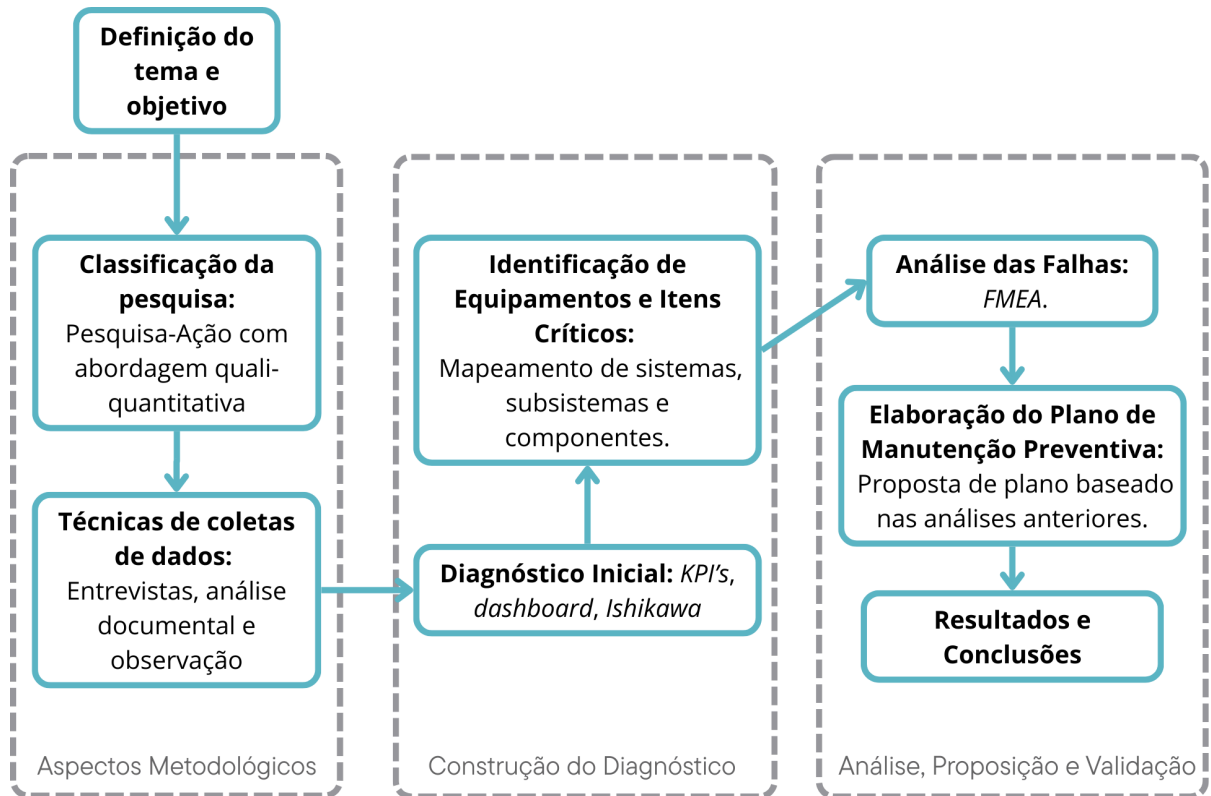
Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Tendo em vista a situação inicial, foi proposto um plano de gestão da manutenção, iniciado com o cálculo de indicadores de manutenção, com o objetivo de obter uma visão inicial sobre as condições das máquinas do setor, possibilitando a tomada de decisões com base em dados reais e concretos. Em seguida, foram realizadas entrevistas abertas com os mecânicos e eletricitas responsáveis pela manutenção, com foco no mapeamento dos sistemas, subsistemas e componentes dos equipamentos, além da identificação de elementos críticos que impactam a produtividade, a segurança e a dificuldade no diagnóstico de falhas.

Com base nas informações obtidas, foi aplicada a ferramenta de análise de

falhas *FMEA* por subsistema das máquinas. A partir dos resultados dessa análise, foi elaborada uma proposta de plano de manutenção preventiva, servindo como plano de ação para os modos potenciais de falha considerados mais críticos. Todas as etapas da metodologia desta pesquisa estão ilustradas na Figura 10, apresentada a seguir.

Figura 10 - Fluxograma da metodologia



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

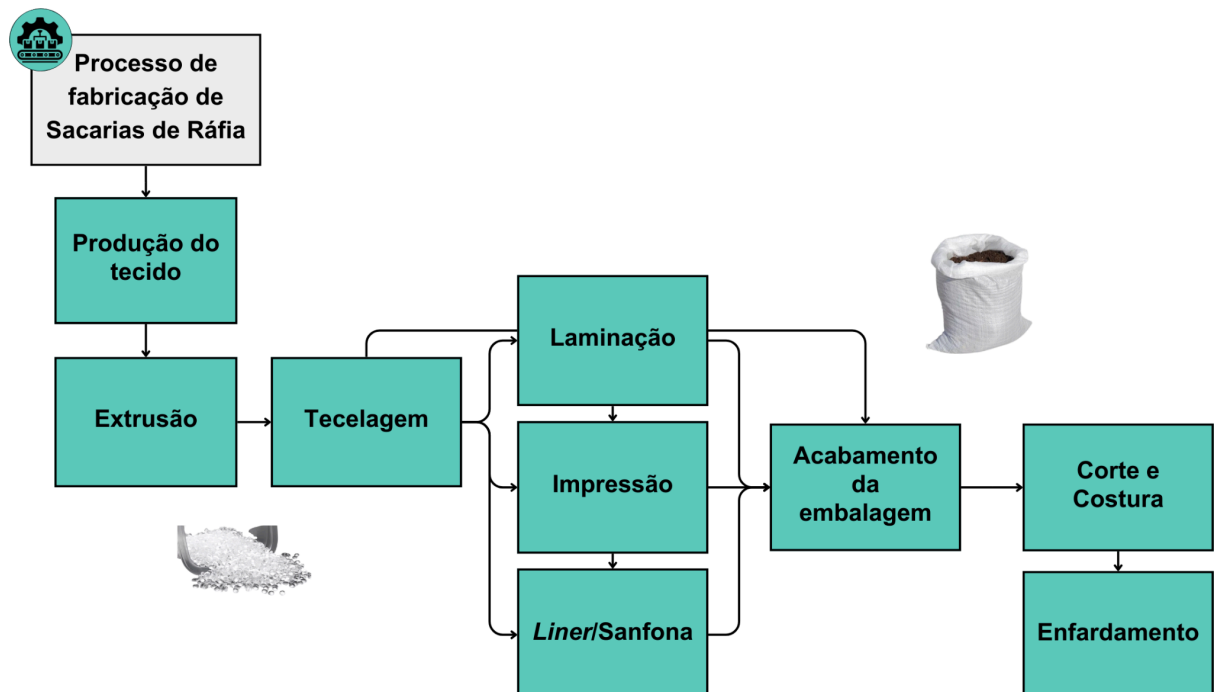
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção serão abordados aspectos relacionados à empresa de estudo e ao setor analisado, bem como os indicadores de manutenção aplicados, à análise de falhas desenvolvida por meio da ferramenta *FMEA* e o plano de manutenção preventiva proposto.

4.1 Empresa de estudo

A empresa de estudo atua no segmento de embalagens industriais, produzindo sacarias de rafia para diferentes aplicações. Seu portfólio inclui modelos convencionais, valvulados, laminados, sanfonados e com *liner* (do inglês, revestimento interno), atendendo demandas de setores como agrícola, alimentício, químico e metalúrgico. Os produtos se destacam pela resistência, durabilidade e características específicas que garantem proteção, conservação e melhor logística no armazenamento e transporte. A seguir, será apresentado o fluxograma do processo produtivo da empresa, conforme Figura 11.

Figura 11 - Processo de fabricação de sacarias de rafia



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

De acordo com a Figura 11, o processo produtivo inicia pela extrusão, etapa em que o polipropileno é convertido em fitas plásticas que, em seguida, são destinadas à tecelagem para formar o tecido de ráfia. A partir dessa fase, o material pode seguir diretamente para o corte e costura, quando se trata de sacarias convencionais, ou avançar para etapas complementares, como laminação, impressão e aplicação de *liner* ou sanfona, conforme as especificações do produto final. Concluídos esses processos, o material segue para a etapa de acabamento, de onde é direcionado ao setor de corte e costura, e por fim, ao enfardamento, etapa destinada a facilitar o transporte e a armazenagem.

A laminação consiste na aplicação de uma película impermeabilizante sobre o tecido de ráfia, geralmente composta por polipropileno (PP) ou polietileno (PE). Essa camada adicional, que pode apresentar aspecto transparente ou leitoso, tem como objetivo aumentar a proteção contra umidade, poeira e variações térmicas, além de melhorar a resistência mecânica da embalagem. A Figura 12 apresenta a diferenciação entre uma sacaria laminada e outra convencional, assim como a comparação entre os modelos boca aberta e valvulado.

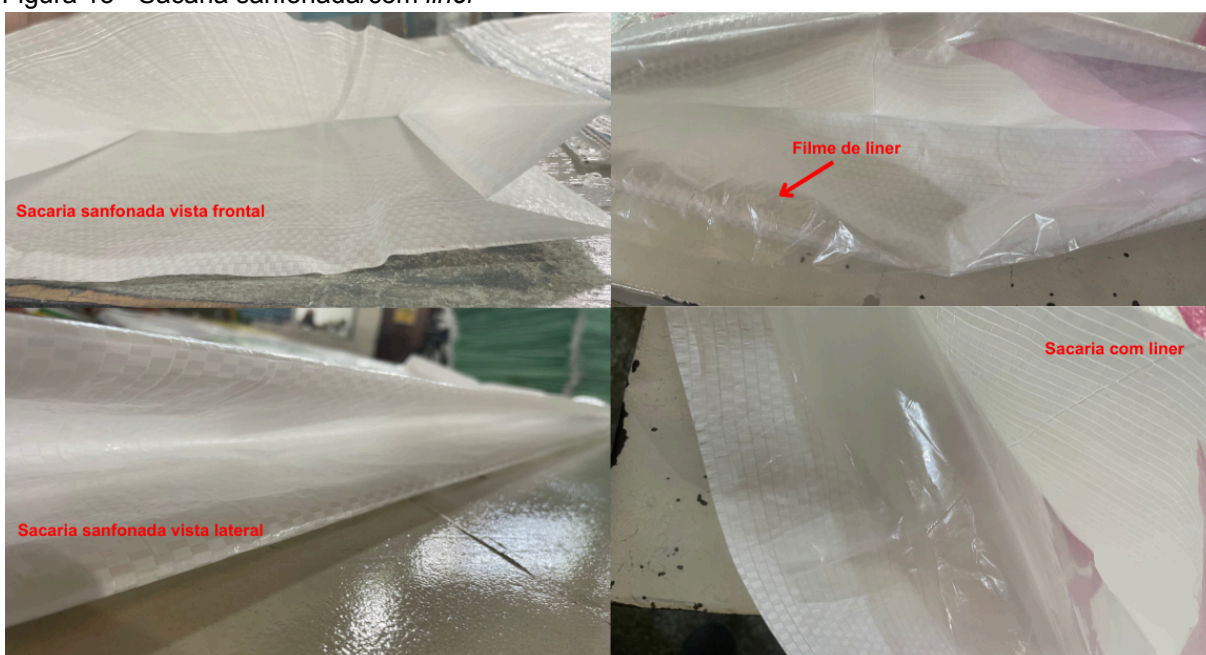
Figura 12 - Tipos de sacaria (laminada/convencional e boca aberta/valvulada)



Fonte: Registro fotográfico da autora (2025)

O *liner* é uma embalagem interna de polietileno colocada no interior da sacaria de rafia, atuando como camada adicional de proteção ao produto. A sanfona corresponde às dobras laterais feitas no material, que permitem que a embalagem adquira formato mais estável e próximo ao quadrado após o enchimento. A etapa de impressão, quando prevista, adiciona ao tecido as informações necessárias, como identificação da marca, dados técnicos ou orientações de uso, contribuindo tanto para a funcionalidade quanto para o caráter comercial da embalagem. A Figura 13 ilustra modelos de sacarias equipadas com *liner* e com sanfona.

Figura 13 - Sacaria sanfonada/com *liner*

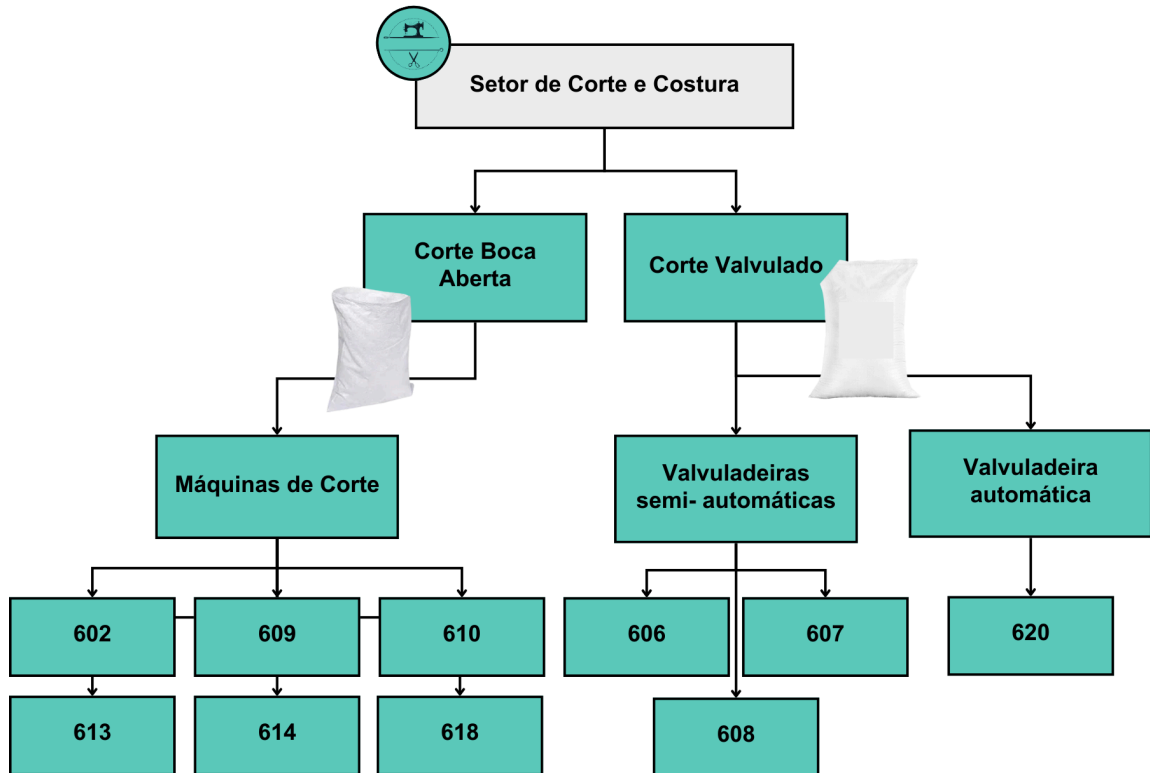


Fonte: Registro fotográfico da autora (2025)

4.1.2 Setor de corte e costura

O setor de corte e costura é responsável por transformar o tecido de rafia em sacarias. Atualmente, o setor conta com dez máquinas distribuídas em três grupos distintos, sendo eles máquinas de corte para sacarias boca aberta, valvuladeiras semi-automáticas e uma valvuladeira automática. Para facilitar a compreensão da disposição e organização desses equipamentos, apresenta-se, na Figura 12, o fluxograma das máquinas do setor.

Figura 12 - Fluxograma das máquinas do setor



Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Os equipamentos de corte e costura operam da seguinte forma: o processo inicia-se com a bobina de rafia acoplada ao desbobinador, mostrado na Figura 13, onde o material é desenrolado de forma contínua e direcionado para a etapa seguinte da máquina.

Figura 13 - Desbobinador



Fonte: Registro fotográfico da autora (2025)

Na sequência, o tecido é puxado por um rolo tracionador, que opera de forma controlada com auxílio de um sensor de fim de curso. Para manter o material corretamente posicionado, as máquinas possuem um sistema de alinhamento, que evita desvios e garante que o tecido esteja adequado para a etapa de corte, essas etapas estão ilustradas na Figura 14.

Figura 14 - Tracionador e alinhador



Fonte: Registro fotográfico da autora (2025)

Após a etapa anterior, o tecido segue para o corte, que varia conforme o tipo de sacaria a ser produzida. Nas versões convencionais, o seccionamento é realizado por uma lâmina quente operando no sentido vertical. Já nas sacarias laminadas, utiliza-se uma lâmina pentagonal de corte frio aplicada na horizontal, procedimento que evita danos à camada de laminação. A Figura 15 apresenta os dois tipos de corte. O processo é automatizado por um sensor de comprimento, que monitora o avanço do material no tracionador e aciona pistões pneumáticos responsáveis pelo movimento da lâmina.

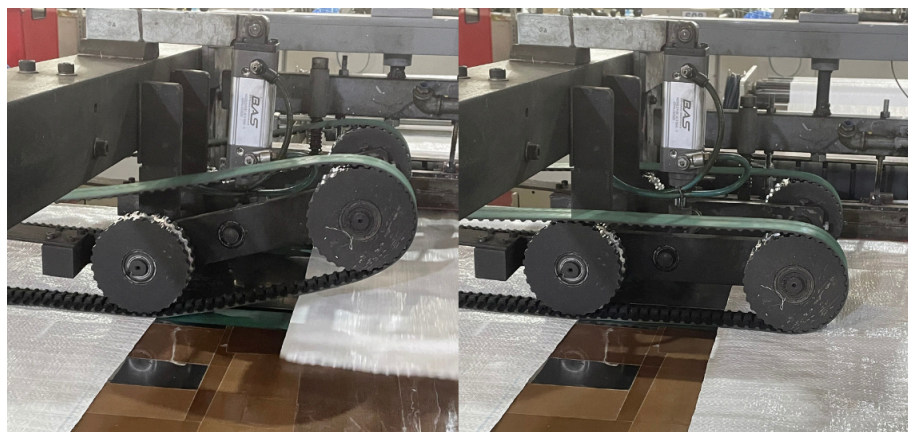
Figura 15 - Corte frio e corte quente



Fonte: Registro fotográfico da autora (2025)

Concluído o corte, as sacarias são encaminhadas ao destacador, conjunto formado por correias movimentadas por um cilindro pneumático. Esse cilindro executa um deslocamento vertical que aproxima as correias do material cortado, permitindo que a unidade de rafia seja conduzida lateralmente até as etapas subsequentes do processo, conforme ilustrado na Figura 16.

Figura 16 - Destacador



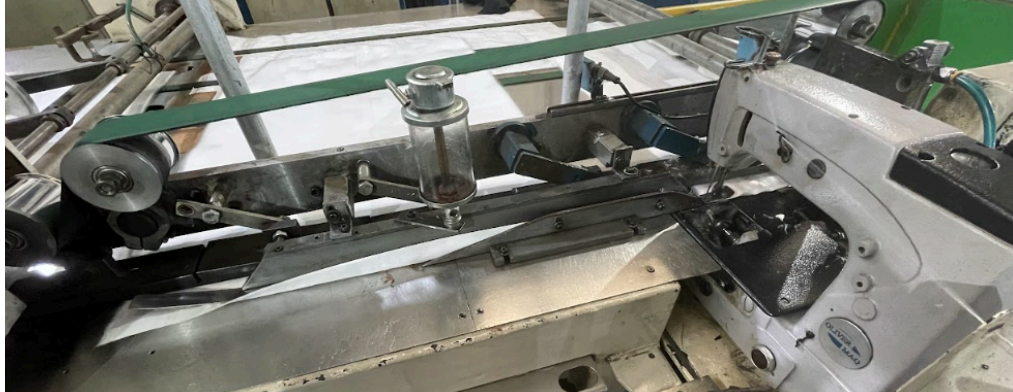
Fonte: Registro fotográfico da autora (2025)

Após essa etapa, as unidades passam por um componente metálico responsável por realizar uma pequena dobra na extremidade inferior, conforme apresentado na Figura 17. Essa conformação inicial prepara o material para a operação de costura, conduzindo-o até a máquina, que trabalha de forma contínua e fecha a base das sacarias.

Concluída a costura, ocorre a separação individual das embalagens. Esse processo é controlado por dois sensores ópticos que funcionam de maneira

sincronizada. O primeiro identifica a entrada do saco na área de detecção e, no momento em que o material alcança o segundo sensor, é emitido o sinal para que um pistão pneumático acione a tesoura, realizando o corte do fio entre as unidades.

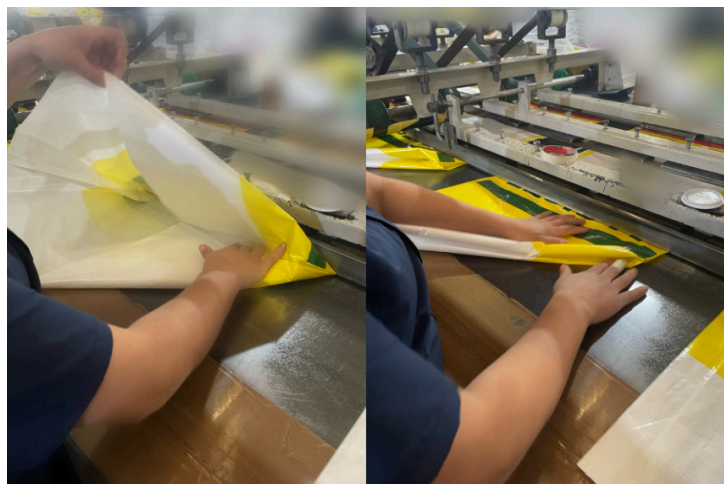
Figura 17 - Processo de costura



Fonte: Registro fotográfico da autora (2025)

As diferenças entre os tipos de sacarias estão diretamente relacionadas a essa etapa de costura. Nas máquinas de corte para sacarias boca aberta, é costurado apenas um dos lados, deixando uma abertura no outro. Já nas valvuladeiras, há duas máquinas de costura que fecham os dois lados, porém, é feita uma dobra na abertura, formando uma válvula lateral no topo da embalagem. Além dessa diferença, existem também variações no nível de automação das valvuladeiras. As semi-automáticas exigem que um operador realize manualmente a dobra da sacaria antes da costura, como mostrado na Figura 18.

Figura 18 - Dobra manual



Fonte: Registro fotográfico da autora (2025)

Já na valvuladeira automática, o processo é realizado por um conjunto de dispositivos mecânicos, em que uma pinça mecânica eleva uma das extremidades da sacaria, enquanto a mesa de apoio direciona a dobra para baixo, outra pinça posiciona a borda oposta e, por fim, uma haste de acionamento finaliza a dobra da embalagem, conforme mostrado na Figura 19.

Figura 19 - Dobra automática



Fonte: Registro fotográfico da autora (2025)

Na etapa final do processo, um dispositivo pneumático conhecido como tombador realiza a formação das pilhas, sobrepondo as sacarias até atingir o volume programado de 25 unidades. Ao completar essa quantidade, um motor elétrico é acionado e movimenta as correias transportadoras, que encaminham o lote até a área destinada ao descarregamento, conforme ilustrado na Figura 20.

Figura 20 - Tombador



Fonte: Registro fotográfico da autora (2025)

As máquinas apresentam tempos de fabricação distintos e são fornecidas por fabricantes diferentes, o que explica certas variações nos seus componentes e sistemas de movimentação. Uma dessas variações está no modo de transporte das sacarias: enquanto alguns modelos utilizam correias transportadoras contínuas, outros operam com um sistema de tração intermitente. Nesse segundo caso, um conjunto de correias acionadas por atuadores realiza ciclos de avanço e recuo, deslocando a sacaria até a próxima etapa e retornando para buscar a unidade seguinte. Esse conjunto é conhecido internamente como “robôs”, em referência ao movimento repetitivo e automatizado que executa, conforme mostrado na Figura 21.

Figura 21 - Sistema de tração alternada por correias



Fonte: Registro fotográfico da autora (2025)

4.2 Indicadores de manutenção

Para a elaboração dos indicadores de manutenção, foram coletados dados do sistema da empresa de estudo, referentes ao ano de 2024, apresentados na Tabela 1, incluindo tempo de produção, tempo de paradas e causas dessas interrupções. Esses dados serviram como base para o cálculo de indicadores e a elaboração de um *dashboard* de desempenho voltado à manutenção, permitindo uma análise quantitativa mais precisa da situação.

Tabela 1 - Dados Iniciais

Equipamento	Tempo produzido (min)	Tempo disponível (min)	Tempo de paradas (min)	Tempo de paradas da manutenção (min)	Quantidade de falhas	Tempo de produção previsto (min)
602	1.932,42	2.168,52	236,1	117,55	85	2.195,81
606	2.004,38	2.178,49	174,11	78,17	66	2.195,81
607	1.955,38	2.122,72	167,34	75,77	87	2.195,81
608	1.947,30	2.104,11	156,81	48,04	55	2.195,81
609	1.915,05	2.144,37	229,32	93,28	94	2.195,81
610	1.884,57	2.078,62	194,05	78,31	83	2.195,81
613	2.058,65	2.307,82	249,17	103,89	122	3.143,00
614	2.187,32	2.328,34	141,02	39,27	32	3.143,00
618	1.972,25	2.149,71	177,46	47,25	36	2.195,81
620	1.773,47	1.977,51	204,04	117,55	111	2.772,00

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Os registros, expressos em minutos, foram levantados no primeiro semestre de 2025 e contemplam os dez equipamentos do setor, incluindo parâmetros como tempo produzido, tempo disponível, total de paradas, tempo de paradas por manutenção, tempo de produção previsto e número de falhas ocorridas no período. A partir desses dados, foram calculados os indicadores apresentados na Tabela 2.

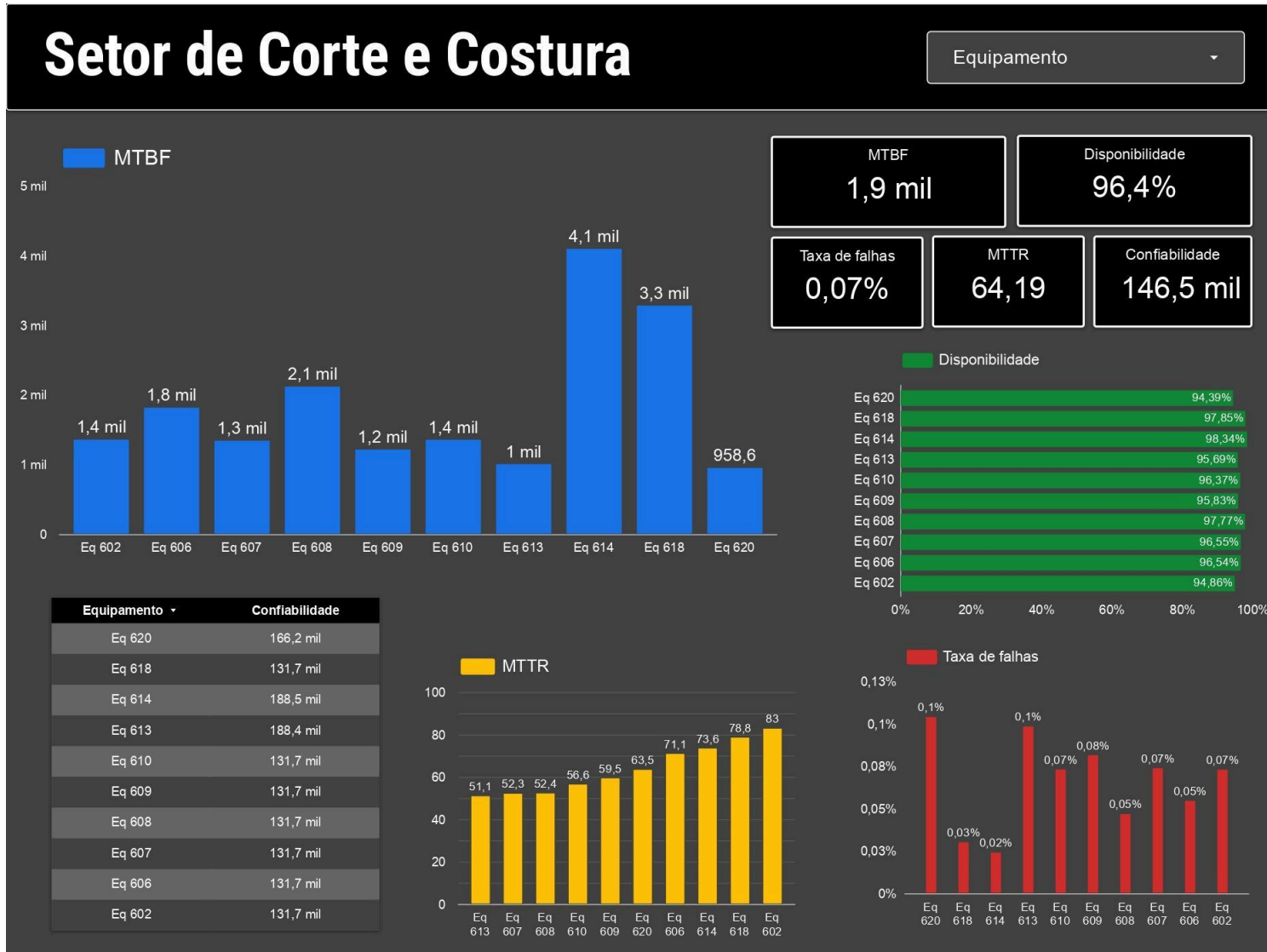
Tabela 2 - Cálculo dos indicadores

Equipamento	MTBF (min)	MTTR (min)	Taxa de falhas (%)	Confiabilidade (min)	Disponibilidade (%)
602	1.364,06	82,98	0,07%	131.668,05	94,86%
606	1.822,17	71,06	0,05%	131.688,30	96,54%
607	1.348,54	52,26	0,07%	131.667,12	96,55%
608	2.124,33	52,41	0,05%	131.696,87	97,77%
609	1.222,37	59,54	0,08%	131.658,72	95,83%
610	1.362,34	56,61	0,07%	131.667,95	96,37%
613	1.012,45	51,09	0,10%	188.424,68	95,69%
614	4.101,22	73,63	0,02%	188.541,65	98,34%
618	3.287,08	78,75	0,03%	131.715,17	97,85%
620	958,63	63,54	0,10%	166.175,33	94,39%

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Conforme mostrado na Figura 22, foi elaborado um *dashboard* para consolidar os principais indicadores de desempenho, a partir dos cálculos dos mesmos e desenvolvido na ferramenta *Google Looker Studio*, facilitando a análise comparativa entre os grupos de máquinas. Observa-se que os equipamentos boca aberta apresentam desempenho variado, as valvuladeiras semi-automáticas mantêm bons resultados de confiabilidade e disponibilidade, enquanto a valvuladeira automática apresenta os índices menos favoráveis.

Figura 22 - Dashboard dos indicadores



Equipamento	Confiabilidade
Eq 620	166,2 mil
Eq 618	131,7 mil
Eq 614	188,5 mil
Eq 613	188,4 mil
Eq 610	131,7 mil
Eq 609	131,7 mil
Eq 608	131,7 mil
Eq 607	131,7 mil
Eq 606	131,7 mil
Eq 602	131,7 mil

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Para complementar a análise visual apresentada no *dashboard*, os indicadores foram agrupados por tipo de máquina e calculadas suas médias, permitindo uma visão mais clara do desempenho geral de cada grupo, conforme mostrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Média dos indicadores por grupo de máquinas

Grupo de máquinas	<i>MTBF</i> (min)	<i>MTTR</i> (min)	Taxa de falhas (%)	Confiabilidade (min)	Disponibilidade (%)
Boca aberta	2.058,25	67,10	0,06%	150.612,70	96,49%
Valvuladeiras semi-automáticas	1.765,01	58,58	0,06%	131.684,10	96,95%
Valvuladeira automática	958,63	63,54	0,10%	166.175,33	94,39%

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Ao analisar as médias dos indicadores, percebe-se que as máquinas do tipo boca aberta não seguem um comportamento uniforme, apresentando variações consideráveis entre um indicador e outro. No caso das valvuladeiras semi-automáticas, os resultados se mostram mais consistentes, com níveis satisfatórios de confiabilidade e disponibilidade. A valvuladeira automática, por sua vez, é a que reúne os números menos favoráveis, registrando o menor *MTBF* e a maior incidência de falhas, o que explica o maior número de paradas e a disponibilidade reduzida quando comparada aos demais conjuntos. As informações completas estão reunidas no Quadro 7, que sintetiza o desempenho de cada grupo.

Quadro 7 - Resumo comparativo por grupo de máquinas

Grupo de Máquinas	Resumo do Desempenho	Pontos Fortes	Aspectos Críticos
Boca aberta	Desempenho variado: algumas máquinas com alto <i>MTBF</i> e boa disponibilidade, outras com valores menores e maior taxa de falhas.	Equipamentos com longos intervalos entre falhas e boa disponibilidade em parte do grupo.	A diferença de idade e tempo de operação entre as máquinas resulta em variações relevantes de confiabilidade, exigindo abordagens de manutenção ajustadas a cada unidade.
Valvuladeiras semi-automáticas	Indicadores consistentes e equilibrados, com boa confiabilidade e tempos de reparo relativamente curtos.	Confiabilidade elevada e disponibilidade acima de 96% em todas.	Apesar do bom desempenho, ainda há margem para pequenos ajustes que possam reduzir o <i>MTTR</i> e a taxa de falhas.
Valvuladeira automática	Desempenho menos favorável, com menor <i>MTBF</i> e maior taxa de falhas entre os grupos.	Processos padronizados e estáveis.	A alta recorrência de falhas reduz a disponibilidade e evidencia a necessidade de intervenções corretivas e revisões no processo para elevar a confiabilidade do equipamento.

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

De forma geral, a análise dos indicadores e o resumo apresentado no Quadro 4 permitem identificar claramente os grupos de máquinas com desempenho mais estável e aqueles que demandam atenção específica. Essa visão facilita a priorização de ações de manutenção e a tomada de decisões para otimizar a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos, servindo como base para as próximas etapas do estudo.

4.3 Levantamento e Análise das Falhas

O levantamento foi conduzido em duas etapas de entrevistas abertas com os mecânicos e eletricitas responsáveis pelo setor. A primeira etapa teve como objetivo identificar os principais componentes das máquinas e organizá-los em sistemas funcionais, enquanto a segunda buscou compreender as falhas associadas a esses sistemas, avaliando sua recorrência e os impactos sobre a segurança e a produtividade. Assim, os componentes identificados na primeira etapa foram agrupados nos seguintes sistemas: transporte, corte, costura e dobra. No Quadro 8 são apresentados os componentes levantados.

Quadro 8 - Estrutura dos sistemas e componentes das máquinas (continua)

Subsistema	Função	Componentes
Corte	Realizar o corte das sacarias	Cabeçote
		Faca de corte quente
		Lâmina pentagonal de corte frio
		Faca disco para válvula
		Sensor fotocélula
		Resistência de aquecimento
Costura	Efetuar a costura e acabamento	Máquina de costura
		Motor da máquina de costura
		Agulha
		Tesoura
		Sensores ópticos (par)
Transporte	Movimentar as sacarias ao longo do processo	Desbobinador de tecido
		Rolo tracionador
		Alinhador de tecido
		Correias
		Robôs de tração (vai e vem)
		Destacador de sacarias
		Tombador de sacarias
		Motores elétricos
		Sensor de fim de curso (desbobinador)
Sensor óptico (tombador)		

(continuação)

Dobra	Dobrar a válvula das sacarias	Par de pinças pneumáticas
		Haste de acionamento
		Par de pistões pneumáticos das pinças
		Pistão pneumático da haste
		Mesa de suporte
		Compressor radial

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

4.3.1 Aplicação do *FMEA*

Com base nos sistemas e componentes identificados na etapa anterior, aplicou-se a metodologia *FMEA* com o objetivo de identificar, avaliar e priorizar os modos potenciais de falha, considerando seus efeitos sobre a segurança, a qualidade e a produtividade do processo. Essa etapa permitiu compreender as principais causas e consequências das falhas observadas nos sistemas de corte, costura, transporte e dobra.

A aplicação do *FMEA* foi conduzida em conjunto com os mecânicos e eletricitistas do setor, por meio de entrevistas abertas baseadas no conhecimento adquirido ao longo do tempo de trabalho, uma vez que não há registros detalhados de falhas. Para cada componente, foram identificados o modo de falha, a causa e o efeito, além da atribuição das notas de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D), conforme os critérios propostos por Fogliato (2009). Em seguida, foi calculado o NPR, utilizado para classificar e priorizar as falhas de maior criticidade. O *FMEA* foi dividido por subsistemas, e os resultados, incluindo os NPRs, estão apresentados nos Quadros 9, 10, 11 e 12.

Quadro 9 - FMEA Corte

Subsistema: Corte								
Função: Realizar o corte das sacarias								
Componentes	Modo Potencial de Falha	Efeito Potencial de Falha	S	Causas	O	Controles Atuais	D	NPR
Cabeçote	Quebrar parafuso	Corte desalinhado	6	Desgaste por esforço repetitivo	3	Visual	6	108
Faca de corte quente	Quebrar parafuso	Corte irregular	6	Desgaste por dilatação térmica	3	Visual	6	108
Lâmina pentagonal de corte frio	Quebrar a lâmina	Corte incompleto	7	Material do tecido mais abrasivo	7	Visual	3	147
Faca disco para válvula	Perder o fio da lâmina	Corte irregular	7	Desgaste natural	1	Visual	7	49
Sensor fotocélula	Não fazer a leitura corretamente	Corte fora das especificações	7	Desalinhamento	6	Visual	3	126
Resistência de aquecimento	Queimar resistência	Corte irregular	6	Sobrecarga elétrica e variação de tensão	6	Visual	4	144
NPR: ■ Baixo → 1 a 50 ■ Médio → 51 a 100 ■ Alto → 101 a 200 ■ Muito alto → 201 a 1000								

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Quadro 10 - FMEA Costura

Subsistema: Costura								
Função: Efetuar a costura e acabamento								
Componentes	Modo Potencial de Falha	Efeito Potencial de Falha	S	Causas	O	Controles Atuais	D	NPR
Máquina de costura	Desgaste dos componentes	Costura defeituosa	6	Lubrificação insuficiente	8	Visual / Sonoro	5	240
Motor da máquina de costura	Travar rolamento	Parada total da costura	8	Sobrecarga por esforço contínuo	5	Sonoro	4	160
	Sobrecarga	Queima do motor	9	Sobrecarga elétrica	4	Sonoro	3	108
	Quebrar bobina	Falha total do motor	7	Curto-circuito	3	Visual / Sonoro	3	63
Agulha	Entortar	Parada da costura	5	Contato com tecido mais duro	6	Controle de qualidade	4	120
	Quebrar	Parada da costura	5	Contato com tecido mais duro	5	Controle de qualidade	2	50
Tesoura	Cortar a sacaria	Não corta o fio de costura	7	Regulagem incorreta	3	Controle de qualidade	4	84
Sensores ópticos (par)	Falhar sensores	Não corta o fio de costura	6	Falha elétrica e mau posicionamento	2	Visual	3	36
NPR: ■ Baixo → 1 a 50 ■ Médio → 51 a 100 ■ Alto → 101 a 200 ■ Muito alto → 201 a 1000								

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Quadro 11 - FMEA Transporte

Subsistema: Transporte								
Função: Movimentar as sacarias ao longo do processo								
Componentes	Modo Potencial de Falha	Efeito Potencial de Falha	S	Causas	O	Controles Atuais	D	NPR
Desbobinador de tecido	Arrebentar corrente	Parada do transporte; queda da bobina; risco de acidente	9	Sobrecarga de peso	3	Visual	6	162
Rolo tracionador	Desgaste no rolo de borracha	Avanço irregular do tecido	5	Ajuste incorreto	4	Visual	5	100
Alinhador de tecido	Desalinhar a sacaria	Alinhamento irregular	6	Falta de lubrificação e acúmulo de sujeira	2	Visual	5	60
Correias	Desgastar	Perda de tração	7	Ressecamento	3	Visual	4	84
	Lacear	Deslizamento	6	Desgaste natural por tração	4	Visual	4	96
	Arrebentar	Parada no transporte	7	Travar rolamento	2	Visual	3	42
Robôs de tração (vai e vem)	Desgastar parafusos	Não agarro da sacaria	5	Desgaste por vibração e aperto inadequado	6	Visual / Sonoro	5	150
Destacador de sacarias	Desgastar cilindro e suporte	Sacarias puxadas irregularmente	5	Desgaste por atrito	3	Visual / Sonoro	5	75
Tombador de sacarias	Quebrar ripas	Queda ou tombamento irregular da sacaria	7	Impacto excessivo	4	Visual	4	112
Motores elétricos	Travar rolamento	Parada total do transporte	8	Sobrecarga por esforço contínuo	5	Sonoro	4	160
	Sobrecarga	Queima do motor	9	Sobrecarga elétrica	4	Sonoro	3	108
	Quebrar bobina	Falha total do motor	7	Curto-circuito	3	Visual / Sonoro	3	63
Sensor de fim de curso (desbobinador)	Quebrar mola	Fim de curso não detectado	6	Desgastes por ciclos repetitivos	2	Visual	3	36
Sensor óptico (tombador)	Queimar bobina do solenoide	Tombador inativo	7	Desgaste por uso contínuo	2	Visual	3	42
NPR: ■ Baixo → 1 a 50 ■ Médio → 51 a 100 ■ Alto → 101 a 200 ■ Muito alto → 201 a 1000								

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Quadro 12 - FMEA Dobra

Subsistema: Dobra								
Função: Dobrar a válvula das sacarias								
Componentes	Modo Potencial de Falha	Efeito Potencial de Falha	S	Causas	O	Controles Atuais	D	NPR
Par de pinças pneumáticas	Afrouxar parafusos	Dobra incompleta	6	Vibração e desgaste	7	Visual / Sonoro	4	168
	Falta de alinhamento	Dobra imprecisa	5	Desgaste	6	Visual / Sonoro	4	120
Haste de acionamento	Quebrar	Perda da função de dobra	7	Fadiga do material e desalinhamento	5	Visual	2	70
Par de pistões pneumáticos das pinças	Estourar borracha de vedação	Falha no fechamento das pinças; dobra incompleta	6	Vedação ressecada e uso contínuo	2	Visual / Sonoro	4	48
Pistão pneumático da haste	Quebrar guia	Movimento travado / desalinhado	6	Esforço excessivo	7	Visual	6	252
Mesa de suporte	Desregular	Peça mal apoiada; dobra incorreta	4	Uso constante	3	Visual	4	48
Compressor radial	Desgaste nos rolamentos	Queda de pressão; falha nos atuadores	6	Desgaste natural de rolamentos	2	Sonoro	5	60
NPR: ■ Baixo → 1 a 50 ■ Médio → 51 a 100 ■ Alto → 101 a 200 ■ Muito alto → 201 a 1000								

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

A análise permitiu identificar os principais modos de falha nos subsistemas de corte, costura, transporte e dobra. Observou-se que os maiores valores de NPR estão associados a falhas em componentes críticos, como a máquina de costura e o pistão pneumático da haste, que impactam diretamente a continuidade do processo produtivo. Apesar da identificação das falhas prioritárias, não foi elaborado um plano de ação nesta etapa, uma vez que o setor ainda não adota práticas estruturadas de manutenção preventiva, o que inviabiliza a aplicação imediata das medidas corretivas sugeridas pelo *FMEA*. Como proposta de continuidade, apresenta-se no tópico seguinte a sugestão de um plano de manutenção preventiva, visando a padronização das rotinas de inspeção e a redução da ocorrência das falhas identificadas.

4.3.2 Plano de Manutenção Preventiva

Dando continuidade ao estudo de análise de falhas, foi proposto um plano de manutenção preventiva com base nas falhas que apresentaram alto NPR, conforme o critério de Kardec e Nascif (2001). As falhas selecionadas estão apresentadas no Quadro 13.

Quadro 13 - Falhas com alto NPR

Subsistema	Componentes	Modo Potencial de Falha	S	O	D	NPR
Dobra	Pistão pneumático da haste	Quebrar guia	6	7	6	252
Costura	Máquina de costura	Desgaste dos componentes	6	8	5	240
Dobra	Par de pinças pneumáticas	Afrouxar parafusos	6	7	4	168
Transporte	Desbobinador de tecido	Arrebentar corrente	9	3	6	162
Costura	Motor da máquina de costura	Travar rolamento	8	5	4	160
Transporte	Motores elétricos	Travar rolamento	8	5	4	160
Transporte	Robôs de tração (vai e vem)	Desgastar parafusos	5	6	5	150
Corte	Lâmina pentagonal de corte frio	Quebrar a lâmina	7	7	3	147
Corte	Resistência de aquecimento	Queimar resistência	6	6	4	144
Corte	Sensor fotocélula	Não fazer a leitura corretamente	7	6	3	126
Costura	Agulha	Entortar	5	6	4	120
Dobra	Par de pinças pneumáticas	Falta de alinhamento	5	6	4	120
Transporte	Tombador de sacarias	Quebrar ripas	7	4	4	112
Corte	Cabeçote	Quebrar parafuso	6	3	6	108
Corte	Faca de corte quente	Quebrar parafuso	6	3	6	108
Costura	Motor da máquina de costura	Sobrecarga	9	4	3	108
Transporte	Motores elétricos	Sobrecarga	9	4	3	108
Transporte	Rolo tracionador	Desgaste no rolo de borracha	5	4	5	100

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

O plano de manutenção preventiva foi elaborado considerando os principais subsistemas da máquina: corte, costura, dobra e transporte, com o objetivo de prevenir e acompanhar as falhas identificadas na análise *FMEA*. As atividades propostas, apresentadas no Quadro 14, foram definidas com base nos relatos da equipe de manutenção sobre a frequência e a ocorrência das falhas em cada componente. Como o setor opera em apenas um turno, é possível realizar as intervenções preventivas sem impacto significativo na produção, garantindo maior disponibilidade dos equipamentos e redução de paradas corretivas.

Quadro 14 - Plano de Manutenção Preventiva

PLANO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA - SETOR DE CORTE E COSTURA			
SUBSISTEMA DE CORTE			
Componente	Atividade	Responsável	Periodicidade
Lâmina pentagonal de corte frio	Inspecionar desgaste e afiação da lâmina	Mecânico	Diário
Resistência de aquecimento	Apertar conexões elétricas	Eletricista	Semanal
Sensor fotocélula	Limpar lente e verificar alinhamento	Eletricista	Semanal
Cabeçote	Apertar parafusos e lubrificar eixos	Mecânico	Quinzenal
Faca de corte quente	Apertar parafusos e ajustar temperatura	Mecânico	Quinzenal
SUBSISTEMA DE COSTURA			
Componente	Atividade	Responsável	Periodicidade
Máquina de costura	Lubrificar componentes	Mecânico	Diário
Agulha	Inspecionar alinhamento e desgaste da agulha	Mecânico	Semanal
Motor da máquina de costura	Limpar motor, apertar conexões e verificar aquecimento	Eletricista	Mensal
SUBSISTEMA DE TRANSPORTE			
Componente	Atividade	Responsável	Periodicidade
Desbobinador de tecido	Lubrificar correntes e apertar parafusos	Mecânico	Semanal
Motores elétricos	Limpar motor, apertar conexões e verificar aquecimento	Eletricista	Mensal
Robôs de tração (vai e vem)	Lubrificar e apertar parafusos	Mecânico	Semanal
Tombador de sacarias	Verificar fixações e integridade das ripas	Mecânico	Mensal
Rolo tracionador	Verificar desgaste e toronar se necessário	Mecânico	Semestral
SUBSISTEMA DE DOBRA			
Componente	Atividade	Responsável	Periodicidade
Pistão pneumático da haste	Verificar vedação e alinhamento das guias	Mecânico	Quinzenal
Par de pinças pneumáticas	Verificar aperto e alinhamento das pinças	Mecânico	Quinzenal

Fonte: Elaborado pela autora (2025)

Com isso, o plano proposto passa a organizar de forma mais clara a rotina de manutenção da empresa, criando um caminho para deixar de atuar apenas quando

o defeito aparece e avançar para intervenções planejadas. A execução contínua das atividades e o registro dos resultados devem permitir acompanhar o comportamento das falhas, reconhecer tendências de desgaste e ajustar os intervalos de manutenção de acordo com o que cada equipamento realmente demanda. A expectativa é que, com esse acompanhamento, os subsistemas apresentem maior confiabilidade, os gastos com correções diminuam e o setor de corte e costura opere com mais regularidade e eficiência.

Além dos impactos operacionais, o plano de manutenção preventiva proposto influencia diretamente as estratégias da empresa, ao orientar a transição de uma atuação predominantemente corretiva para uma abordagem preventiva e planejada. Essa mudança estratégica contribui para o alinhamento entre manutenção e produção, permitindo maior previsibilidade do processo produtivo, melhor planejamento das intervenções e uso mais eficiente dos recursos disponíveis.

Na prática, a execução do plano de manutenção preventiva depende da incorporação das atividades à rotina operacional do setor. As intervenções devem ser realizadas conforme as periodicidades definidas, preferencialmente em momentos de menor impacto na produção, com o apoio da equipe de manutenção. Cada atividade executada deve ser registrada, permitindo o acompanhamento das falhas recorrentes, o controle do histórico dos equipamentos e a avaliação da efetividade do plano ao longo do tempo.

5 CONCLUSÃO

A elaboração do plano de gestão da manutenção para o setor de corte e costura demonstrou que a estruturação das atividades de manutenção contribui diretamente para a identificação das falhas operacionais e para a definição de estratégias de manutenção mais eficientes. A aplicação do FMEA permitiu reconhecer os modos de falha mais críticos do processo produtivo e estabelecer prioridades de intervenção com base no nível de risco apresentado pelos componentes.

Com base nesses resultados, o presente trabalho atingiu o objetivo de desenvolver uma proposta de plano de gestão da manutenção voltada à redução das falhas recorrentes e à melhoria da eficiência operacional, por meio da análise sistemática das falhas e da elaboração de um plano de manutenção preventiva

direcionado aos subsistemas de corte, costura, dobra e transporte.

A partir dessa análise, o trabalho apresentou um plano de manutenção preventiva estruturado, adaptado à realidade da empresa, com definição de atividades, responsáveis e periodicidades. Também foram propostos indicadores de desempenho para analisar e compreender o comportamento das máquinas, apoiando o acompanhamento da confiabilidade, da disponibilidade e da manutenção dos equipamentos.

Como contribuições práticas, o estudo entrega um plano de manutenção preventiva organizado e alinhado às condições operacionais da empresa, permitindo direcionar esforços para os pontos de maior impacto no processo produtivo. A priorização das falhas críticas contribui para a tomada de decisão no setor de manutenção, favorecendo a redução de paradas corretivas e o uso mais eficiente dos recursos disponíveis.

No âmbito acadêmico, o trabalho contribui ao demonstrar a aplicação integrada do FMEA, de indicadores de desempenho e de um plano de manutenção preventiva em um ambiente industrial real, reforçando o uso dessas ferramentas como apoio à análise de falhas e à tomada de decisão na gestão da manutenção.

Entre as limitações do estudo, destaca-se o fato de o plano de manutenção preventiva não ter sido implantado durante o período da pesquisa, o que impossibilitou a avaliação dos resultados práticos da proposta. Além disso, a ausência de histórico estruturado de falhas na empresa exigiu a realização de entrevistas e observações diretas, aumentando o tempo necessário para a análise. A limitação de recursos na equipe de manutenção também restringe a aplicação imediata de um plano mais abrangente.

Por fim, o modelo proposto apresenta potencial de replicação em outras organizações do mesmo segmento ou em empresas que enfrentam problemas similares relacionados à ausência de manutenção preventiva e ao elevado número de falhas corretivas. Além disso, o estudo recomenda a expansão do uso do modelo e dos indicadores para outros setores da empresa, bem como a adoção de ferramentas de controle que auxiliem na coleta e na análise dos dados de manutenção, contribuindo para o fortalecimento da gestão da manutenção e para a consolidação de uma cultura de confiabilidade e melhoria contínua.

REFERÊNCIAS

ARAUJO, H. E. **Proposta de implementação da manutenção centrada em confiabilidade em uma máquina de corte e costura de embalagens de rafia.**

2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização Engenharia da Confiabilidade) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2019.

ARMAC. **Confira 7 desvantagens da manutenção corretiva.** 2022. Disponível em: <https://armac.com.br/blog/7-desvantagens-da-manutencao-corretiva/>. Acesso em: 06 abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO E GESTÃO DE ALVOS (ABRAMAN). 2022. **Documento Nacional 2022.** Disponível em: <https://abramanoficial.org.br/>. Acesso em: 26 mar. 2025.

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

BAPTISTA, J. A. **Manutenção Industrial: técnicas, contos e causos.** 2. ed. [S.l.: s.n.], 2024. 357 p.

BASSAN, E. **Gestão da Qualidade: ferramentas, técnicas e métodos.** 2. ed. Curitiba: Caley Treinamentos, 2023. 151 p.

CAPPI, G. A. **Aplicação do plano e controle de manutenção no processo de engarrafamento de uma linha produtiva e seu impacto no desempenho de uma empresa do setor de bebidas do Ceará: um estudo de caso.** 2022. 73 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal do Ceará, Russas, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/64628>. Acesso em: 25 out. 2025.

CASTRO-CASTRO, J. D.; CENDALES-LADINO, E. D. Casos aplicados de análise de causa raiz: revisão. **Ciência. Ing. Neogranada.**, Bogotá, v. 1, pág. 95-134, junho de 2019. Disponível em <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-81702019000100095&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 08 mai. 2025.

EDENRED MOBILIDADE. **Benefícios da Manutenção Preventiva para Empresas de Sucesso.** 2025. Disponível em: <https://blog.edenredmobilidade.com.br/gestao-de-abastecimento/beneficios-da-manutencao-preventiva-para-empresas-de-sucesso/>. Acesso em: 11 abr. 2025.

FERNANDES, R. M. et al. Adequação do plano de manutenção em uma empresa de fornecimento de internet: análise de falhas e proposta de melhorias. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 42., Foz do Iguaçu. **Anais...** Marabá - PA: ABEPRO, 2022. Disponível em: https://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_ST_382_1888_43187.pdf. Acesso em: 02 abr. 2025.

FOGLIATO, F. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2009. *E-book*. ISBN 9788595154933. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595154933/>. Acesso em: 10 abr. 2025.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 7. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2022. *E-book*. ISBN 9786559771653. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559771653/>. Acesso em: 19 mai. 2025.

GREGÓRIO, G. F. P.; SANTOS, D. F.; PRATA, A. B. **Engenharia de manutenção**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. *E-book*. ISBN 9788595025493. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595025493/>. Acesso em: 06 abr. 2025.

GREGÓRIO, G. F. P.; SILVEIRA, A. M. **Manutenção industrial**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. *E-book*. p.13. ISBN 9788595026971. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595026971/>. Acesso em: 16 abr. 2025.

HOLZSCHUH, G. G. **Controle de qualidade da indústria de rafia**: padronização e otimização dos processos. 2009. 128 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Sistemas de Processos Industriais, Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2009.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção**: função estratégica. 2. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2001.

LISBOA, O. M.; COSTA, J. M.; LIMA, A. M. F. Análise Bibliométrica do Gerenciamento de Manutenção Industrial: da corretiva à gestão de ativos. **Cadernos de Prospecção**, [S.l.], v. 17, n. 3, p. 1025-1040, 1 jul. 2024. Universidade Federal da Bahia. DOI: <http://dx.doi.org/10.9771/cp.v17i3.56602>.

MACHADO, J. R. F. Metodologias de pesquisa: um diálogo quantitativo, qualitativo e quali-quantitativo. **Devir Educação**, [S.l.], v. 7, n. 1, p. 17-18, 30 jul. 2023. DOI: <http://dx.doi.org/10.30905/rde.v7i1.697>.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da Investigação Científica para Ciências Sociais Aplicadas**. 3. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2016. *E-book*.

MOREIRA, M. M. A. C. et al. Ferramentas da qualidade: uma revisão de diagrama de *Ishikawa*, 5W2H, ciclo PDCA, DMAIC e suas interrelações. In: SIMPÓSIO DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA, 5., 2021, São Carlos. **Anais...** São Carlos: EESC USP, 2021. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/003081679>. Acesso em: 25 out. 2025.

NASCIMENTO, J. P.; ALMEIDA, M. Y. A. Manutenção Industrial: Um Estudo de sua Importância na Competitividade em uma Empresa do Ramo Metalúrgico. **Revista Interface Tecnológica**, Taquaritinga, SP, v. 18, n. 1, p. 416–425, 2021. DOI:

10.31510/infa.v18i1.1098. Disponível em:
<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/article/view/1098>. Acesso em: 12 mar. 2025.

NGI. **Análise de Falhas: qual sua importância na manutenção?** 2023. Disponível em: <https://www.ngi.com.br/blog/analise-de-falhas/>. Acesso em: 03 maio 2025.

OLIVEIRA, A. P. A. **A evolução da manutenção industrial**. 2019. 37 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade Pitágoras, São Luís, 2019.

OLIVEIRA, M.M. **Análise de métodos estatísticos em planejamento e controle de manutenção**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica), Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

OLIVEIRA, T. S.; NUNES, M. N. C.; GARRETO, C. G. A.; BARROS, R. J. **Estudos em Engenharia & Inovação**. São Luís: Editora Pascal, v. 9, p. 28-35, 26 ago. 2024. DOI: 10.29327/5421756.

REZENDE, L. **Manutenção Preventiva e Corretiva de Equipamentos Industriais: como implementar estratégias eficazes de manutenção para evitar paradas e melhorar o desempenho das máquinas**. [S. l.]: [s. n.], 2024.

SOUZA, J. O. L. **Diagrama de Ishikawa: diagnosticar e resolver problemas**. Guamaré: [s.n.], 2021. 64 p.

RIBEIRO, E. S. **Aumento de eficiência no equipamento para embalagens de rafia**. 2017. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Tecnólogo em Tecnologia em Automação Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2017.

XENOS, H. G. **Gerenciando a manutenção produtiva: melhores práticas para eliminar falhas nos equipamentos e maximizar a produtividade**. 2. ed. Nova Lima: Falconi Editora, 2014. 405 p.

