

INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA

DIORGES ANTONIO COPINI
FERNANDO TORIANI BORTOLON

PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO
PREVENTIVA PARA EMPILHADEIRAS

Xanxerê
2025

DIORGES ANTONIO COPINI
FERNANDO TORIANI BORTOLON

PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO
PREVENTIVA PARA EMPILHADEIRAS

Monografia apresentada ao
Curso de Engenharia Mecânica
do Câmpus Xanxerê, do
Instituto Federal de Santa
Catarina para a obtenção do
diploma de graduação.

Orientador: Rogério Ferreira
Rezende

Xanxerê

2025

C783p Copini, Diorges Antonio.
Planejamento e implementação de um plano de manutenção preventiva para empilhadeiras / Diorges Antonio Copini, Fernando Toriani Bortolon. — Xanxerê, 2025.
61 p. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina — Câmpus Xanxerê. Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientação: Rogério Ferreira Rezende.

Inclui referências.

1. Manutenção preventiva. 2. Empilhadeiras. 3. Confiabilidade. 4. Matriz de criticidade. 5. FMEA. I. Bortolon, Fernando Toriani. II. Rezende, Rogério Ferreira. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina. IV. Título.

DIORGES ANTONIO COPINI
FERNANDO TORIANI BORTOLON

PLANEJAMENTO E IMPLEMENTAÇÃO DE UM PLANO DE MANUTENÇÃO
PREVENTIVA PARA EMPILHADEIRAS

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

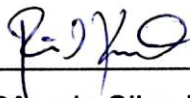
Xanxerê, 04 de Dezembro de 2025.



Prof. Rogério Ferreira Rezende, Dr.
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC Xanxerê



Prof. Vinícius Raphael Crenonini, Esp.
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC Xanxerê



Rômulo Silva Kunzler, Engº.
Instituto Federal de Santa Catarina – IFSC Xanxerê

RESUMO

Este trabalho apresenta o planejamento e a implementação de um plano de manutenção preventiva para empilhadeiras em uma empresa têxtil de rafia localizada no oeste de Santa Catarina. A pesquisa, de natureza aplicada e abordagem qualitativa, investigou o modelo atual de manutenção da empresa e identificou fragilidades como inspeções superficiais, ausência de padronização, registros incompletos e foco predominante em ações corretivas. Para solucionar essas lacunas, foram aplicadas ferramentas de gestão da manutenção, incluindo Matriz de Criticidade, FMEA e análise documental. A matriz permitiu identificar a empilhadeira mais crítica da frota, enquanto o FMEA evidenciou os modos de falha mais relevantes e os fatores que contribuem para sua ocorrência. Com base nesses resultados, foi elaborado um plano de manutenção preventiva estruturado, alinhado à NBR 5462, e um programa de capacitação para operadores e equipe de manutenção. O estudo demonstrou que a padronização das inspeções, somada ao treinamento adequado dos operadores, pode elevar significativamente a confiabilidade, a disponibilidade e a segurança operacional, reduzindo falhas inesperadas e custos associados à manutenção corretiva.

Palavras-chave: manutenção preventiva; empilhadeiras; confiabilidade; matriz de criticidade; FMEA.

ABSTRACT

This study presents the planning and implementation of a preventive maintenance plan for forklifts in a raffia textile company located in western Santa Catarina, Brazil. The research, applied in nature and qualitative in approach, investigated the company's current maintenance model and identified weaknesses such as superficial inspections, lack of standardization, incomplete records, and a predominance of corrective maintenance actions. To address these issues, maintenance management tools were applied, including the Criticality Matrix, FMEA, and document analysis. The matrix enabled the identification of the most critical forklift in the fleet, while the FMEA highlighted the most relevant failure modes and their contributing factors. Based on these findings, a structured preventive maintenance plan aligned with NBR 5462 was developed, along with a comprehensive training program for operators and maintenance personnel. The study demonstrated that standardized inspections combined with consistent operator training significantly improve equipment reliability, availability, and operational safety, while reducing unexpected failures and corrective maintenance costs.

Keywords: preventive maintenance; forklifts; reliability; criticality matrix; FMEA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Tipos de manutenção.....	14
Figura 2 – Custos associados à manutenção preventiva.....	16
Figura 3 – Método ABC.....	22
Figura 4 – Diagrama de Pareto.....	24
Figura 5 – Diagrama de causa e efeito (Espinha de peixe).....	26
Figura 6 – Fluxograma de metodologia.....	34
Figura 7 – Programação de manutenção preventiva para empilhadeira.....	35
Figura 8 – Tarefa para manutenção preventiva atual para empilhadeira.....	36
Figura 9 – Programação de manutenção preventiva de um cabeçote de costura.....	37
Figura 10 – Tarefa para manutenção preventiva atual de um cabeçote de costura.....	37
Figura 11 – Matriz de criticidade.....	40
Figura 12 – FMEA.....	41

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABECOM – Associação Brasileira de Engenharia de Manutenção
ABERT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
ABIT – Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
AI – Artificial Intelligence (Inteligência Artificial)
FMEA – Failure Mode and Effects Analysis (Análise de Modos de Falha e seus Efeitos)
ID – Índice de Detecção
IG – Índice de Gravidade
IEMI – Inteligência de Mercado
IO – Índice de Ocorrência
IoT – Internet of Things (Internet das Coisas)
IR – Índice de Risco
ML – Machine Learning (Aprendizado de Máquina)
MTBF – Mean Time Between Failures (Tempo Médio Entre Falhas)
MTTR – Mean Time to Repair (Tempo Médio de Reparo)
NBR – Norma Brasileira
NR – Norma Regulamentadora
RCM – Reliability-Centered Maintenance (Manutenção Centrada na Confiabilidade)
TDF – Teste de Detecção de Falhas
TPM – Total Productive Maintenance (Manutenção Produtiva Total)

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
1.1 OBJETIVOS.....	6
1.1.1 Objetivo geral	6
1.1.2 Objetivos específicos.....	6
2.1 OS FUNDAMENTOS DA MANUTENÇÃO.....	7
2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO	8
2.2.1. Manutenção Corretiva	9
2.2.2. Manutenção Preventiva	10
2.2.3 Manutenção Preditiva	12
2.2.4 Manutenção Detectiva	12
2.2.5 Manutenção Prescritiva	13
2.3 Matriz de criticidade	15
2.3.1. Método ABC.....	16
2.4 Gráfico de pareto	18
2.5 FMEA de manutenção	20
3 METODOLOGIA.....	23
3.1 Objeto de estudo	23
3.2 Critérios da matriz de criticidade.....	24
3.3 Roteiro para a execução da manutenção preventiva.....	27
3.4 Capacitação para a equipe de operação e manutenção	27
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	30
4.1 Modelo atual de manutenção preventiva.....	32
4.2 MATRIZ DE CRITICIDADE.....	36
4.3 Análise FMEA.....	37
CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS	39
APÊNDICE A- Checklist Empilhadeira.....	42
APÊNDICE B- Plano de manutenção.....	47

APÊNDICE C- Ficha de inspeção periodica.....	51
APÊNDICE D- Plano de capacitação.....	52

1 INTRODUÇÃO

A gestão eficiente de frotas de veículos e equipamentos industriais é um dos pilares fundamentais para garantir a continuidade das operações em empresas, especialmente quando se trata de máquinas que desempenham funções críticas no processo produtivo (Alsyouf, 2007). Na indústria têxtil brasileira, este controle é ainda mais relevante, considerando sua importância econômica. Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção (ABIT), em 2022, o setor empregava mais de 1,3 milhão de pessoas e movimentava cerca de R\$ 165 bilhões por ano, consolidando-se como um dos maiores empregadores da indústria de transformação no país (ABIT, 2023).

As empilhadeiras, como peças essenciais no transporte e manuseio de materiais, exigem cuidados constantes para garantir sua performance e prolongar sua vida útil (Pedrosa, 2014). Estudos destacam que a manutenção preventiva é fundamental para reduzir falhas inesperadas, otimizar o uso dos equipamentos e minimizar riscos operacionais (Waeyenbergh, 2002). A implementação adequada dessas estratégias contribui para a segurança no local de trabalho e também para a racionalização de custos, visto que, gastos com manutenção podem representar entre 15% a 70% dos custos totais de produção em indústrias (Pariazar *et al.*, 2008, *apud* Pedrosa, 2014).

Apesar das evidências sobre seus benefícios, diversas empresas ainda adotam modelos ad-hoc¹ ou reativos de manutenção, nos quais os reparos são realizados apenas quando ocorre uma falha (Almeida, 2016). Essa abordagem tende a gerar maiores custos, reduzir a disponibilidade dos equipamentos e comprometer a produtividade (Moubray, 2001). A ausência de métodos para planejar e monitorar atividades preventivas está associada, frequentemente, à falta de sistemas de gestão adequados, de capacitação técnica da equipe e de rotinas padronizadas de manutenção (Tsang, 2002).

Portanto, torna-se fundamental elaborar estratégias de manutenção orientadas por normas técnicas. A norma brasileira NBR 5462 estabelece os princípios gerais da gestão da manutenção nas empresas, para prevenir falhas e aumentar a disponibilidade operacional (ABNT, 1994). Diversos estudos apontam que planos de prevenção bem estruturados aumentam o desempenho, segurança e vida útil dos equipamentos, especialmente daqueles que são submetidos a operações intensivas, como, por exemplo, empilhadeiras (Alsyouf, 2007).

O problema central da presente pesquisa é a falta de um plano de manutenção preventiva

¹ Expressão latina, geralmente usada para informar que determinado acontecimento tem caráter temporário e que se destina para aquele fim específico. Um exame ad hoc, um método ad hoc ou uma função ad hoc são exemplos que definem a criação de algo provisório, que vai atender apenas determinado propósito.

adequado para empilhadeiras em uma empresa têxtil de rafia localizada no Estado de Santa Catarina, Brasil. Isto gera falhas não programadas, aumento dos custos operacionais e riscos à segurança dos trabalhadores. Portanto, o problema da pesquisa é como planejar e implementar um plano de manutenção preventiva para empilhadeiras de forma eficiente, adaptável e capaz de reduzir falhas e custos e aumentar a segurança no local de trabalho.

A pesquisa se justifica pela necessidade de um modelo de manutenção preventiva, a partir de práticas já consolidadas e normas técnicas, que permitam que as empresas otimizem o uso dos equipamentos e melhorem a confiabilidade dos processos. Ademais, os resultados podem servir de referência para estudos futuros e para empresas que busquem aprimorar seus sistemas de gestão da manutenção.

7.1 OBJETIVOS

7.1.1 Objetivo geral

Desenvolver um modelo de planejamento de manutenção preventiva para empilhadeiras, que seja eficiente, adaptável, com o propósito de minimizar falhas operacionais, reduzir custos e promover a segurança na operação, utilizando de base FMEA.

7. 1.2 Objetivos específicos

- Analisar os diferentes modelos de empilhadeira utilizados em uma empresa têxtil de rafia em Santa Catarina e identificar o mais crítico.
- Analisar o processo de manutenção da empresa para identificar se há um planejamento preventivo estruturado.
- Propor um modelo de plano de manutenção preventiva adaptável, seguindo a NBR 5462.
- Desenvolver um plano de capacitação para a equipe responsável pela manutenção preventiva, assim como para a equipe operacional.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A revisão de literatura que segue tem como objetivo apresentar a fundamentação teórica, que embasa o desenvolvimento do projeto de um plano de manutenção preventiva de

empilhadeiras de uma empresa localizada na região Oeste do estado de Santa Catarina.

2.1 OS FUNDAMENTOS DA MANUTENÇÃO

Desde o surgimento dos produtos industrializados, a eficiência produtiva sempre dependeu de fatores como matéria-prima, mão de obra e maquinário, cuja manutenção adequada reduz custos e garante qualidade. A manutenção, entendida como “manter o que se tem” (Gregório; Silveira, 2018, p. 13) e originada de um “vocábulo militar” (Kardec; Nascif, 2009), é definida como um conjunto de medidas para conservar o funcionamento de máquinas (Ferreira, 2009) e ações destinadas a manter ou recolocar itens em condições de operação (ABNT, 1994).

Historicamente presente no cotidiano humano (Almeida, 2016), a manutenção ganhou relevância após a Revolução Industrial, embora inicialmente fosse apenas corretiva, sem foco preventivo (Almeida, 2016, p. 13). Durante a II Guerra Mundial, novas técnicas de planejamento e controle passaram a ser desenvolvidas (Gregório; Silveira, 2018).

A evolução da manutenção é dividida em gerações (Gonçalves; Oliveira, 2022): na primeira geração, até 1960, predominava a manutenção corretiva não programada (Gonçalves; Oliveira, 2022); na segunda, entre 1950 e 1970, surgiram práticas preventivas com intervalos fixos, aumentando custos e evidenciando a necessidade de confiabilidade (Gregório; Silveira, 2018, p.156); na terceira, a partir de 1970, o sistema *just in time*² impulsionou o monitoramento de condições e a manutenção preditiva (Gonçalves; Oliveira, 2022), juntamente com exigências de segurança e meio ambiente (Gregório; Silveira, 2018).

A quarta geração, iniciada em 2000, prioriza a redução de manutenções corretivas e preventivas, a análise de falhas, segurança, meio ambiente e o gerenciamento de ativos, com forte uso de preditiva e monitoramento de condição (Gregório; Silveira, 2018). Já a quinta geração, a partir de 2005, foca na gestão de ativos e no monitoramento on e *off-line*, reforçando a importância da engenharia de manutenção e da terceirização (Gonçalves; Oliveira, 2022; Gregório; Silveira, 2018).

Assim, a manutenção evoluiu com a incorporação de tecnologias, gestão moderna e automação, exigindo que as empresas compreendam e previnam os prejuízos decorrentes de falhas

Como se percebe, a manutenção passou por diferentes alterações ao longo de sua história, visto que houve a incorporação de novos elementos como novas tecnologias, inovadores aspectos gerenciais, modernização das instalações e dos equipamentos. E com todas

essas inovações, as empresas precisaram se adequar também, principalmente no que diz respeito ao entendimento sobre os prejuízos que uma falha pode causar.

Paradas pequenas, mas frequentes, acabam acarretando perdas no sistema de produção. Além disso, essas paradas acontecem de forma aleatória, gerando ainda mais impactos negativos. Assim, é necessário que a equipe reveja as estratégias adotadas e gerencie essas pequenas paradas de forma a reduzi-las e melhorar o processo produtivo (Gregório, Silveira, 2018, p. 111).

Por esse motivo, “tem-se observado uma maior conscientização da relação existente entre manutenção e qualidade do produto, maior pressão para se conseguir alta disponibilidade e confiabilidade da instalação, ao mesmo tempo em que se busca a redução de custos” (Soeiro, Olívio, Lucatto, 2017, p. 15).

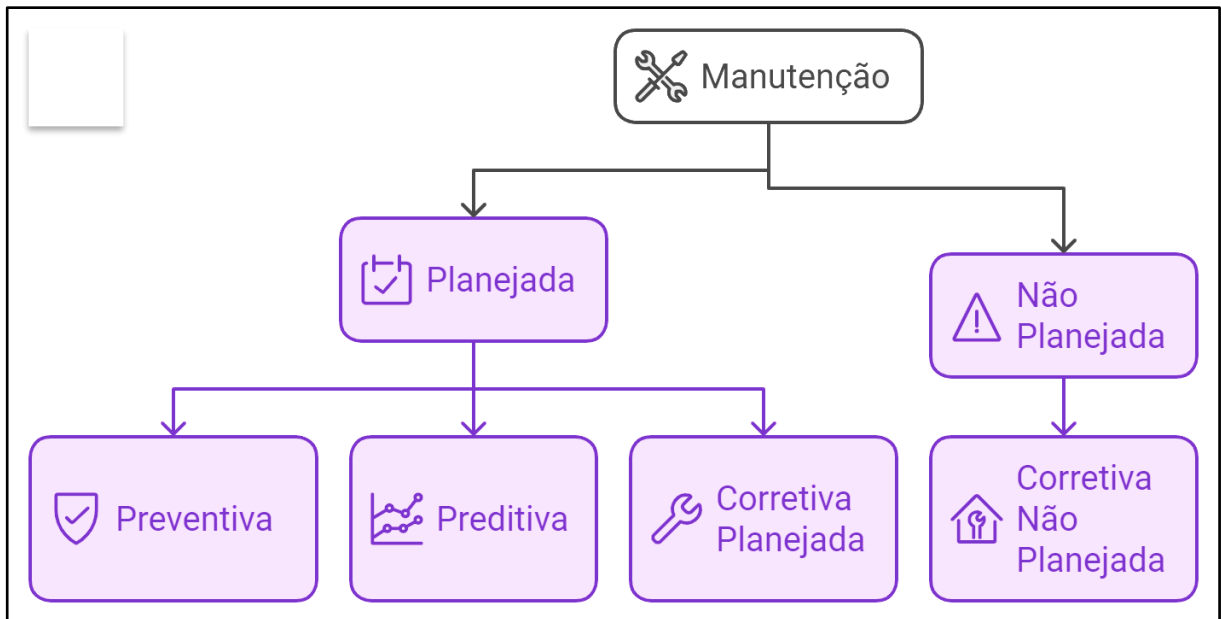
2.2 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Com o avanço das técnicas, a manutenção passou a cumprir seus principais objetivos: corrigir falhas, preservar as condições de operação e garantir a conservação das máquinas. Assim, “deixou de ser, nas últimas décadas, uma simples atividade de reparo e se tornou um meio essencial para o alcance dos objetivos e das metas da organização” (Soeiro; Olívio; Lucatto, 2017). Seu propósito central é “manter e melhorar a confiabilidade e regularidade de operação do sistema produtivo” (Fogliato, 2009, p.4), o que levou à necessidade de sistematizar e diferenciar os tipos de manutenção, cada qual com técnicas e finalidades próprias (Almeida, 2016).

Antes de definir uma estratégia, porém, devem-se considerar fatores como recomendações do fabricante, incluindo conservação, periodicidade, calibrações e procedimentos de correção (Gregório; Silveira, 2018, p. 18), exigências legais e a relação entre homem, máquina e ambiente. Também devem ser avaliadas características do equipamento, como tempo médio entre falhas, vida útil e tempo de reparo, além do fator econômico, abrangendo custos de recursos humanos, materiais e impactos na produção (Gregório; Silveira, 2018). Segundo a NBR 5462, a manutenção industrial divide-se em três tipos principais: corretiva, preventiva e preditiva (Brasil, 1994).

Na Figura 1 observa-se que há a possibilidade de dividir os tipos de manutenção em dois grupos, as planejadas e as não planejadas.

Figura 1 - Tipos de manutenção



Fonte: Rodrigues (2024).

A manutenção planejada consiste em atividades organizadas antecipadamente para “detectar, prevenir ou mesmo reduzir erros e falhas em equipamentos”, buscando eliminar ao máximo intervenções não programadas e problemas maiores (Prosyst, 2018). Diferentemente da manutenção não planejada, o planejamento prévio possibilita reduzir custos e otimizar o tempo de trabalho.

2.2.1. Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva, conforme a NBR 5462, é realizada após uma pane, visando recolocar o item em condição de cumprir sua função (ABNT, 1994). Trata-se de uma abordagem reativa, pois “só acontece após uma avaria/problema já ter afetado a máquina por completo” (Vedan, 2023). Consiste em reparar ou substituir componentes danificados para restabelecer o funcionamento, sendo executada após quebras ou paradas imprevistas (Almeida, 2016, p. 18). Embora deva ocorrer de forma imediata, nem sempre o restabelecimento é rápido, podendo gerar prejuízos como funcionários parados, atrasos, compras emergenciais e pressão sobre o mecânico (Almeida, 2016, p.17).

A manutenção corretiva divide-se em dois tipos: planejada e não planejada (Rodrigues, 2024). A corretiva não planejada ocorre de forma inesperada e exige solução imediata

(Rodrigues, 2014), implicando altos custos, riscos à qualidade e aumento das despesas indiretas (Rodrigues, 2024). Apesar de aplicável a componentes menos críticos, exige disponibilidade de peças, mão de obra e ferramentas para evitar comprometer a produção e a segurança (Kardec; Nascif, 2009).

Já a corretiva planejada é preparada antecipadamente, baseada em acompanhamento preditivo, detectivo ou decisão gerencial de operar até a falha, sendo “mais barata, mais segura e mais rápida” (Otani; Machado, 2008). Sua adoção pode ocorrer por fatores como conciliação com a produção, questões de segurança, melhor organização dos serviços e disponibilidade de recursos físicos e humanos, internos ou externos. Quanto maiores os impactos de uma falha na segurança, custos e compromissos de entrega, maiores as justificativas para essa estratégia (Kardec; Nascif, 2009).

2.2.2. Manutenção Preventiva

A manutenção preventiva, conforme Almeida (2016, p. 20), foi criada para evitar prejuízos decorrentes de paradas inesperadas e impedir que pequenos defeitos evoluam para danos maiores. Por isso, é planejada antecipadamente, buscando evitar interrupções inoportunas da produção e a degradação dos equipamentos (Gregório; Silveira, 2018).

Esse tipo de manutenção é realizado em intervalos predeterminados ou segundo critérios específicos, sempre em máquinas que ainda não apresentam falhas. Para o sucesso da manutenção preventiva, é necessário que a empresa possua uma equipe permanente de manutenção e também tenha em estoque os componentes, caso precise de reposição. A manutenção preventiva é recomendada nos seguintes casos:

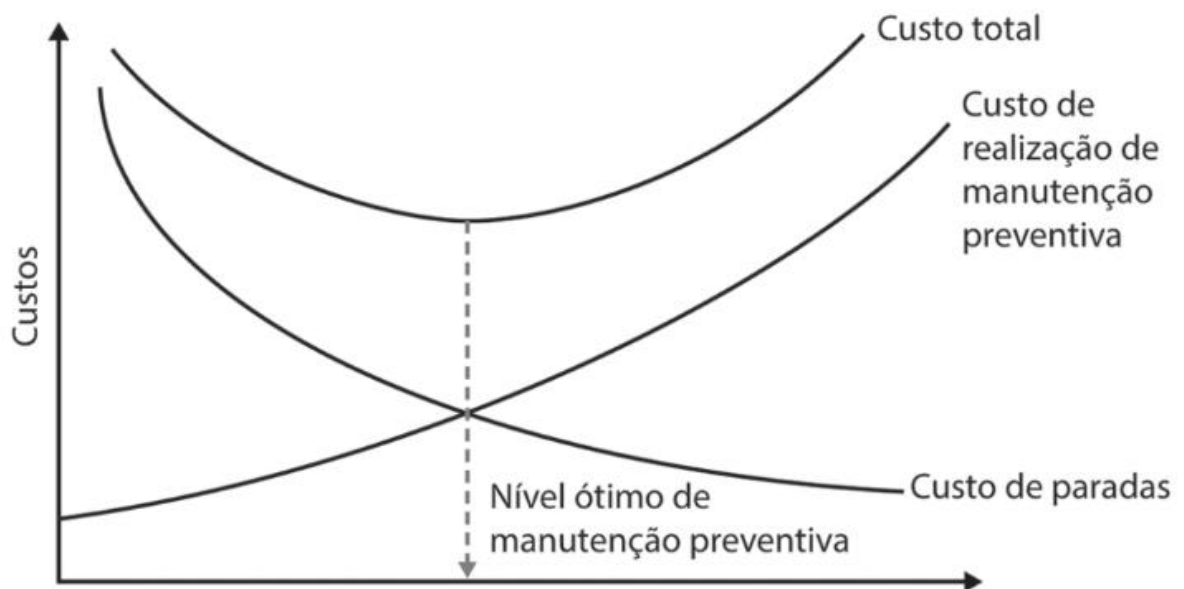
- Quando não for possível fazer a manutenção preditiva;
- Se houver riscos de agressão ao meio ambiente;
- Nos equipamentos fundamentais;
- Nos sistemas complexos e/ou de operação contínua (linhas de acabamento de superfície, por exemplo);
- Quando o equipamento possui aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação (Prosys, 2018).

A manutenção preventiva oferece benefícios como a redução da frequência de falhas, maior disponibilidade dos equipamentos e diminuição de interrupções inesperadas na produção, sendo recomendada quando o controle por tempo é eficaz e o monitoramento por condição não é viável (Soeiro; Olívio; Lucatto, 2017). Entretanto, quando comparada à

manutenção corretiva, tende a ser mais cara, pois exige a substituição de peças e reformas antes do fim da vida útil, sendo eficiente apenas quando o desgaste pode ser controlado pelo tempo (Soeiro; Olívio; Lucatto, 2017). Além dos custos de mão de obra e materiais, a parada necessária para sua execução também gera despesas.

Assim, conforme Figura 2, existe um ponto de equilíbrio entre os custos de realização e os custos de parada, constituindo o “nível ótimo de manutenção preventiva”; qualquer intervenção fora desse ponto aumenta o custo total para a empresa (Gregório; Silveira, 2018).

Figura 2 – Custos associados à manutenção preventiva.



Fonte: Seleme (2015, p. 43)

Outra exigência da manutenção preventiva é a necessidade de que cada máquina, ou equipamento, tenha um documento que apresente o roteiro dos itens que precisam ser trocados na hora da manutenção. Pois, esse roteiro “possui as informações de identificação e localização da máquina, com a descrição dos itens a serem executados na manutenção em uma ordem numérica, com os respectivos prazos de execução” (Almeida, 2016, p. 19).

2.2.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva, segundo a NBR 5462, consiste na aplicação sistemática de técnicas de análise e supervisão para garantir a qualidade do serviço, reduzindo ao mínimo as manutenções preventiva e corretiva (ABNT, 1994). Por utilizar tecnologia avançada, costuma ser tratada como uma atividade especializada dentro das empresas (Soeiro; Olívio; Lucatto,

2017).

Trata-se de um método destinado a verificar as reais condições dos componentes e acompanhar a evolução de defeitos, permitindo planejar intervenções corretivas de forma precisa (Almeida, 2016). Para isso, são realizadas inspeções periódicas baseadas em fenômenos como temperatura, vibração e ruídos, utilizando instrumentos específicos que indicam tanto a condição atual quanto a vida útil dos componentes (Almeida, 2016, p. 25).

A manutenção preditiva é recomendada em situações em que o reparo é caro e as falhas impactam significativamente a produção, a segurança ou o meio ambiente (Soeiro; Olívio; Lucatto, 2017). Apesar de reduzir custos e tempo quando comparada a outras estratégias, pode tornar-se onerosa devido ao investimento em equipamentos de análise e à necessidade de equipes especializadas (Teles, 2023).

2.2.4 Manutenção Detectiva

A crescente competitividade empresarial exige planejamento estratégico que acelere a produção sem perder qualidade, contexto no qual a manutenção detectiva se torna relevante por detectar antecipadamente avarias em máquinas. Embora não descrita na NBR 5462, sua função é “detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção” em sistemas de proteção e comando (Otani; Machado, 2008). Atua verificando sensores e dispositivos que servem como última barreira antes da falha, por meio de Testes de Detecção de Falhas (TDF).

Por suas características, pode ser considerada uma forma de manutenção preventiva, já que permite planejar correções e identificar falhas que poderiam gerar danos maiores (Otani; Machado, 2008). Também pode funcionar como complemento à manutenção preditiva, ao identificar falhas não captadas por técnicas tradicionais, dependendo do tipo de equipamento e do contexto operacional. Para que a manutenção seja detectiva, é necessário a realização de monitoramento através de testes. Conforme apontado por ABECOM (2023), alguns dos principais testes de detecção de falhas são:

- Teste de detector de fumaça;
- Teste de dispositivo de segurança;
- Inspeção de sistemas de controle de emergência;
- Teste de parada de emergência;
- Verificação de sistemas de alarme;
- Verificação de sistemas de extinção de incêndios;

- Inspeção de sistemas de ventilação e exaustão.

A manutenção detectiva oferece vantagens significativas, como a identificação precoce de falhas por meio de sensores e análise de dados, permitindo diagnosticar problemas antes que se tornem críticos e evitando paradas não programadas. Isso reduz custos, aumenta a confiabilidade operacional e prolonga a vida útil dos equipamentos, contribuindo para maior retorno sobre o investimento.

Contudo, sua implantação apresenta desafios, como altos custos iniciais com sensores, softwares de monitoramento e sistemas de alarme, além da necessidade de capacitar a equipe de manutenção para interpretar dados e aplicar testes específicos em cada equipamento.

2.2.5 Manutenção Prescritiva

Assim como a sociedade evolui, as empresas tiveram que atualizar e reformular sua forma de produzir as mercadorias, para se manter no mercado e conquistar novos clientes. Paralelamente, a forma de fazer a manutenção das máquinas e equipamentos precisou se atualizar. Então, como afirmam Gregório e Silveira (2018, p. 149), atualmente, “diferentes tecnologias podem ser aplicadas à manutenção com o objetivo atingir resultados, como a redução no número de falhas, o aumento da confiabilidade e qualidade, um menor tempo de máquina parada, o aumento da segurança, entre outros”.

E é nesse contexto que surge a manutenção prescritiva. Por isso, quanto às suas características, vale salientar que se trata de um tipo, mais moderno, de manutenção, pois “visa evitar a falha de ativos por meio de previsões feitas com a ajuda da tecnologia” (Abecom, 2021). Com essa manutenção, a necessidade de manutenção de uma máquina não precisa acontecer somente, quando a máquina estraga e para, pois, além de prevenir falhas, ela também prescreve soluções. Além de utilizar os recursos de modelos estatísticos e técnicas de previsão, esse tipo de manutenção utiliza principalmente tecnologia e dados para desenvolver avançadas análises de dados e prescrições assertivas. Sobretudo recursos de *Machine Learning* (ML), Internet das Coisas, do inglês *Internet of Things* (IoT) e Inteligência Artificial (AI)” (Abecom, 2021).

Ao utilizar esses recursos, a manutenção prescritiva combina as tecnologias que permitem uma análise histórica do equipamento, mais o desempenho em sua vida útil e testes com diferentes algoritmos complexos. “Com o uso de tecnologias de IoT, dados críticos são coletados com maior velocidade e precisão e são submetidos a análise por sistemas de inteligência artificial, tornando a manutenção mais eficiente” (Gregório, Silveira, 2018, p. 150). Por sua vez, a AI, “envolve máquinas que realizam tarefas que são características de inteligência

humana, como compreensão da linguagem, reconhecimento de objetos e sons, resolução de problemas, etc.” (Gregório, Silveira, 2018, p. 150), enquanto a ML “é uma forma de alcançar a inteligência artificial “treinando” o algoritmo para que ele se ajuste e melhore com base em uma grande quantidade de dados” (Gregório, Silveira, 2018, p. 151).

Para isso, a manutenção prescritiva, através do uso de software específicos, identifica, aprende e reconhece as tendências padrões dos dados. E pode avisar sobre qual dano, um determinado equipamento poderá sofrer, se continuar a ser utilizado de forma errada. E ao utilizar essas inovações, pode recomendar estratégias confiáveis e rápidas para a manutenção. Visto que, “é possível utilizar um maior volume de dados permitindo assim que as estratégias sejam mais precisas com maior quantidade de informações. A tomada de decisão acontece mais rapidamente e de forma automatizada” (Abecom, 2021).

É importante salientar que a manutenção prescritiva pode ser confundida, muitas vezes, com a manutenção preditiva. Mas ao contrário da preditiva, a prescritiva não se limita apenas em apenas realizar recomendações, ela age. Faz um diagnóstico, aciona uma ordem de serviço e ainda gera relatórios depois que o técnico realizou os reparos. Isso tudo é realizado através de sistemas integrados e com o uso da Inteligência Artificial”. Ou seja, enquanto a preditiva só aponta o problema, a prescritiva, aponta o problema, organiza as estratégias para a resolução dos problemas.

Segundo a ABECOM (2021), é possível citar vários benefícios que a manutenção prescritiva pode trazer para a empresa, como por exemplo:

- Otimização do tempo na tomada de decisões;
- Dados e históricos de manutenção em tempo real;
- Melhoria do tempo de parada dos equipamentos;
- Aumento da produtividade;
- Aumento da disponibilidade das máquinas;
- Tomada de decisões mais assertiva;
- Aumento da confiabilidade;
- Redução de custos;
- Automação dos processos;
- Aumento da qualidade dos produtos e dos processos, entre outros.

Para eficiência da manutenção prescritiva, é necessário que os outros tipos de manutenção já cumpram seu papel. Além, de que é necessário a empresa investir nas novas tecnologias, pois isso possibilita uma grande quantidade de dados para os sistemas de manutenção e com isso prescrever estratégias assertivas. Além de que, “sem a automatização

da manutenção, é necessária uma equipe que mantenha as planilhas atualizadas com dados sobre manutenção e os documentos das máquinas, além de técnicos específicos para cada tipo de manutenção” (Gregório, Silveira, 2018, p. 150).

2.3 MATRIZ DE CRITICIDADE

É importante, para a empresa ter noção sobre qual é a ordem de prioridade de manutenção dos equipamentos, e para isso, é essencial realizar a análise de criticidade dos equipamentos. Sendo que essa análise “busca definir uma estratégia que atue como ferramenta na organização de processos, sistemas e equipamentos dentro de um ambiente produtivo complexo” (Rosales, 2023).

A análise de criticidade na manutenção é utilizada para ordenar qual é a periodicidade e a prioridade, que um equipamento deve receber manutenção. Rosales (2023) destaca que segmentar os componentes em categorias facilita seu gerenciamento de forma organizada e passível de auditoria. A análise de criticidade, por sua vez, baseia-se em dois critérios principais: impacto e probabilidade. O impacto está relacionado à gravidade das consequências caso um ativo falhe, sendo que consequências mais severas indicam maior impacto. Já a probabilidade diz respeito à chance de ocorrência de falhas no equipamento, quanto maior essa chance, mais provável é que o evento aconteça (Willich, 2024).

O impacto e a probabilidade classificam os equipamentos e os processos em diferentes graus de criticidade. Observando que, “quanto maior o nível de criticidade de uma coisa, mais importante ela é para o funcionamento das operações na empresa” (Willich, 2024). Tendo em vista que, se acaso a análise de criticidade não seja realizada com antecedência, no caso, de ocorrer uma falha o trabalho de manutenção pode ser dificultado.

Por isso, é possível elencar várias razões de adoção da análise de criticidade, pois, ela possibilita a priorização dos recursos, “direcionando atenção e esforços para os equipamentos que têm o potencial de causar os maiores impactos negativos” (Willich, 2024). Facilita também a gestão de riscos, pois permite uma melhor análise dos perigos e consequências que essa falha pode causar. Como também, a análise de criticidade auxilia na tomada de decisões, pois os gestores conseguirão tomar as decisões corretas, pois ela garante “que as decisões sejam fundamentadas em dados e análises sólidas, em vez de suposições ou intuições subjetivas” (Willich, 2024).

Outra implementação que a análise de criticidade pode trazer para a empresa é a busca por melhorias continuamente, sempre buscando reduzir os riscos e melhorar a eficiência

operacional. Além de facilitar a comunicação entre os indivíduos envolvidos no processo, possibilitando, com isso, o alinhamento, pois fornece uma visão clara e objetiva dos riscos e prioridades. “Dessa forma, ajuda a garantir que todos os envolvidos tenham uma compreensão comum das questões críticas e das medidas necessárias para abordá-las” (Willich, 2024).

É necessário ter a compreensão de que os equipamentos que possuem alta criticidade exigem um planejamento de manutenção mais rigoroso, com inspeções regulares e prontidão para intervenções rápidas em caso de falha. Já os ativos de baixa criticidade podem ser sujeitos a abordagens de manutenção mais reativas ou programadas com menor frequência.

Devido a isso, é importantíssimo manter a matriz de criticidade atualizada, com a inserção de novas informações sobre os equipamentos ou mudanças de condições de operações. Devido ao fato de que isso “garantirá que as estratégias de gestão de equipamentos permaneçam relevantes e eficazes ao longo do tempo” (Willich, 2024).

Por sua vez, Rosales (2023) lista alguns critérios que também devem ser observados, para que seja estabelecida a prioridade de manutenção de um equipamento, como:

- Opções operacionais (alternativas ou backups disponíveis);
- Impacto na continuidade da produção;
- Influência na qualidade do produto final;
- Repercussões na segurança, meio ambiente e condições de trabalho;
- Implicações econômicas de interrupções e atividades de manutenção;
- Frequência de falhas ou confiabilidade;
- Parâmetros operacionais, como temperatura, pressão, tipo de fluido, fluxo e velocidade;
- Facilidade de acesso para inspeção e tarefas de manutenção;
- Necessidades e disponibilidade de recursos para supervisão e cuidado.

2.3.1. Método ABC

Para facilitar a análise de criticidade em uma empresa, é recomendável utilizar a Matriz de Criticidade, estruturada com base no Método ABC, uma vez que essa técnica é amplamente aplicada na logística de estoque e também se mostra eficaz no contexto da manutenção. O Método ABC permite classificar equipamentos conforme sua importância operacional, avaliando três aspectos fundamentais: a frequência de ocorrência das falhas, a complexidade de identificação dessas falhas e as consequências que elas podem gerar para o sistema produtivo (Rosales, 2023).

Por se tratar de um método qualitativo de priorização, os equipamentos são organizados

em três categorias: A, B e C, sendo a categoria A a de maior criticidade. A Figura 3 apresenta os fatores analisados para a construção da Matriz de Criticidade da empresa.

Figura 3 – Método ABC

Fatores de Avaliação	Fatores de Avaliação	Critérios de Avaliação		
		A	B	C
S	Segurança e Meio Ambiente	Caso sofra a parada, provoca acidente grave e problemas de contaminação com meio ambiente	Caso sofra parada, pode provocar algum tipo de acidente porém só material, mas não com o meio ambiente	Caso sofra a parada, sem probabilidade de provocar qualquer tipo de acidente, muito menos com o ambiente
Q	Qualidade do Produto	Caso sofra parada, haverá com certeza queda de qualidade e geração de refugos, podendo gerar reclamações de clientes	Caso sofra parada, haverá uma possível queda de qualidade e poucos refugos, sem possibilidade de reclamações de clientes.	Caso sofra a parada, não haverá queda de qualidade e pouco refugo, sem possibilidade de reclamações de clientes
O	Condição de Operação	Tempo de utilização da máquina ou equipamento acima de 90% ao mês	Tempo de utilização da máquina ou equipamento de 50% a 90% ao mês	Tempo de utilização do ativo abaixo de 50% ao mês.
E	Condição de Entrega	Caso sofra uma parada, pode afetar uma linha de produção sem nenhuma alternativa a curto prazo	Caso sofra uma parada, pode parar uma linha de produção, porém com alternativas imediatas	Caso sofra uma parada, não interfere na linha de produção e outras alternativas imediatas
P	Índice de paradas - Confiabilidade	MTBF abaixo de 15 horas	MTBF acima de 15 até 30 horas	MTBF acima de 30 horas
M	Manutenibilidade	MTRR acima de 2 horas	MTRR de 1 a 2 horas	MTRR abaixo de 1 hora

Fonte: Vedan (2025).

Conforme a Figura 3, os equipamentos classificados com criticidade **A** exigem manutenção imediata, pois são essenciais ao processo produtivo. “A paralisação desses maquinários reduz a capacidade produtiva, podendo afetar a segurança, o meio ambiente e comprometer a qualidade do produto final, aumentando em mais de 20% os custos com manutenção” (Vedan, 2025).

Os equipamentos classificados como criticidade **B** possuem impacto intermediário, e sua falha tende a afetar parcialmente a produção, “interrompendo parte do processo e elevando entre 10% e 20% os custos de manutenção” (Vedan, 2025). Já os pertencentes à criticidade **C** não geram impactos significativos caso apresentem falhas.

Portanto, a utilização da Curva ABC como critério dentro da Matriz de Criticidade é altamente benéfica, pois permite identificar máquinas e equipamentos que representam risco à segurança dos trabalhadores, ao meio ambiente ou ao desempenho operacional, possibilitando

o ajuste das estratégias de manutenção para:

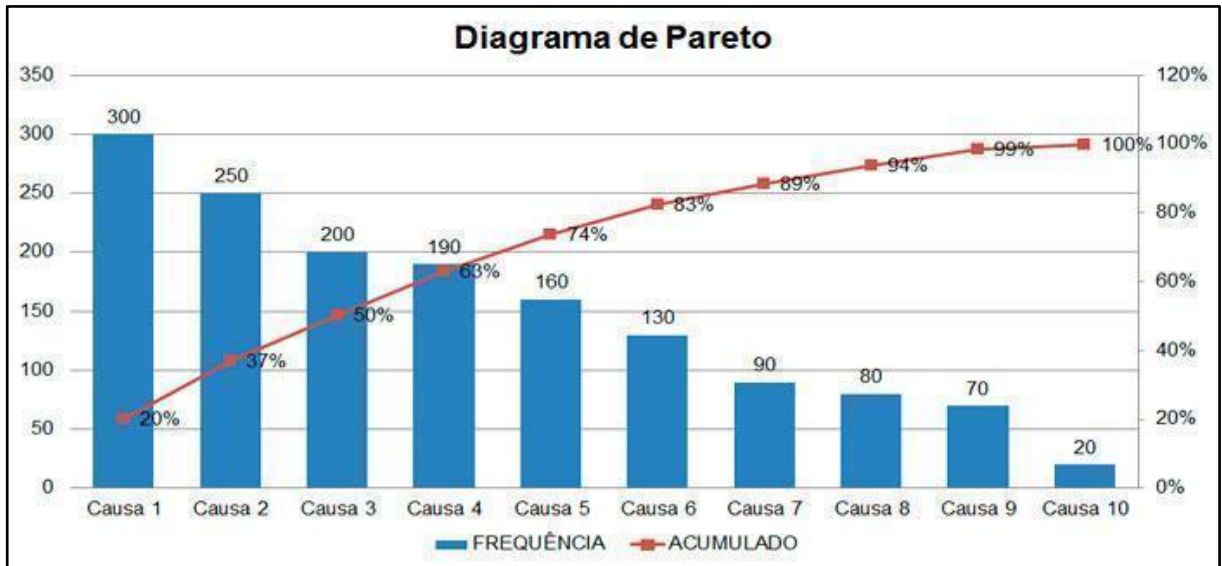
- Elaborar planos de manutenção com estratégias específicas adequadas para o ativo;
- Mapear quais são os componentes usados nos maquinários (para ajustar o estoque e estarem disponíveis quando necessário);
- Organizar as ações para períodos, utilizando o mapa de 52 semanas;
- Estudar novos métodos, para garantir a disponibilidade.

2.4 GRÁFICO DE PARETO

O gráfico de Pareto, ou diagrama de Pareto é uma ferramenta que tem o objetivo de organizar as informações de ocorrências de determinado evento, e assim possibilitar a priorização das ações de manutenção, como representado na Figura 4. Trata-se de um princípio concebido pelo economista italiano Vilfredo Pareto, que o elaborou a partir da observação da formação social do seu país, onde ele percebeu que 20% das pessoas possuíam 80% de toda a riqueza da nação.

Apesar de ter criado esse princípio, não foi ele que o difundiu na esfera empresarial, mas foi Joseph Juran, que utilizou esse princípio na esfera organizacional. Sendo entendido que, “uma parte muito menor de causas é responsável por causar a grande parte das consequências” (Soares, 2024). E isso pode ser entendido da seguinte forma: 20% das causas evidentes são responsáveis por gerar 80% dos problemas. Ou seja, “pode-se inferir que a maior parte das perdas seja originada por poucas causas e que essas causas deveriam ser priorizadas durante o planejamento das ações de melhoria” (Gregório, Silveira, 2018, p. 90).

Figura 4- Diagrama de Pareto



Fonte: Soares (2024).

Como é possível observar na Figura 4, o diagrama de Pareto apresenta, por meio de um gráfico de barras, as frequências de determinado evento, ordenadas de forma decrescente, e a curva de porcentagens acumuladas dos referidos eventos. Assim, é possível identificar qual das causas impacta mais e qual impacta menos as falhas e a dificuldade de alcançar um objetivo.

Porém, é importante considerar que essa ferramenta por si só não soluciona o problema encontrado, pois somente aponta o problema. “A identificação das falhas e suas respectivas frequências exigirão mecanismos de coleta de dados adequados, como folhas de verificação, *check-list* e formulários, que podem ser preenchidos de forma manual ou por meio de sistemas de informação” (Gregório, Silveira, 2018, p. 91).

Para a implantação do diagrama de Pareto, é possível seguir os passos apresentados por Carpenetti (2016, *apud* Gregório e Silveira, 2018, p. 91):

1. Selecione os tipos de problemas e causas que deseja comparar;
2. Selecione a unidade de comparação;
3. Defina o período sobre os quais os dados serão coletados;
4. Colete os dados no local;
5. Liste as categorias, da esquerda para a direita, no eixo horizontal, na ordem decrescente de frequência da ocorrência;
6. Acima de cada categoria, desenhe uma barra vertical cuja altura representa a frequência ou o custo daquela ocorrência;
7. No topo da barra, uma linha de tendência pode representar a frequência cumulativa das

categorias.

2.5 FMEA DE MANUTENÇÃO

Desenvolvido ainda durante a primeira geração da manutenção, a análise do modo e efeitos de falhas (do inglês *Failure Mode and Effects Analysis* — FMEA), foi criado pelo exército americano no ano de 1949, e tem por objetivo “prever efeitos indesejados e possibilitar uma tomada de decisão antecipada”. (Gregório, Silveira, 2018, p. 167). Ou seja, se trata de uma “técnica que investiga os motivos pelos quais os equipamentos falham, apontando também quais são os efeitos gerados por essas falhas” (Willich, 2023).

Sendo que a partir desses apontamentos é possível traçar os planos de ação, e com isso evitar que as mesmas falhas ocorram novamente, “já que ela permite reparar a causa do problema e assim evitar as consequências causadas por ele” (Willich 2023). Quanto aos benefícios da aplicação da FMEA, é possível dizer que são vários, como por exemplo os citados por Willich (2023):

- Menos paradas e tempo ocioso;
- Redução de custos com manutenção corretiva emergencial, já que a empresa se antecipa às falhas;
- Maior controle de materiais, pois há menos desperdício de recursos;
- Mais qualidade no produto ou serviço final;
- Diminuição dos acidentes de trabalho e doenças ocupacionais;
- Aumento da vida útil dos equipamentos;
- Planejamento para lidar com eventuais riscos.

Deve-se considerar que a importância da utilização da FMEA, advém do fato de que não basta somente corrigir o problema quando ele surge, mas sim é necessária uma investigação aprofundada da origem do problema, evitando, com isso, a sua recorrência. “É aí que entra a FMEA, pois ela ajuda a identificar o causador do defeito para que ele seja remediado e não volte a causar danos (os mesmos ou outros) no futuro” (Willich 2023).

Como a FMEA pode ser aplicada tanto no segmento de produtos quanto de serviços, ajudando a corrigir e prevenir falhas na operação ou no maquinário. Para tanto, é necessário considerar que há quatro tipos diferentes de FMEA, sendo os seguintes:

- FMEA de produto ou de projeto: evita falhas no produto ou no processo decorrentes do projeto do produto.

- FMEA de processo: evita falhas no processo, tendo como base as não conformidades das especificações do projeto.
- FMEA de serviço: previne falhas durante a prestação de serviços. □ FMEA de sistema: analisa o design de um produto durante a fase de concepção para evitar falhas por um design deficiente. (Selene, 2015, *apud* Gregório; Silveira, 2018, p. 167).

Em relação à manutenção, a FMEA pertence ao grupo da FMEA de processos (PFMEA), pois a sua “aplicação é a base para montar uma estratégia de manutenção, já que a partir dela são analisados os melhores tipos de manutenção conforme as necessidades da empresa e características do equipamento” (Willich, 2023). Garantindo, com isso, a implementação da Manutenção Centrada na Confiabilidade, *Reliability-Centered Maintenance* (RCM).

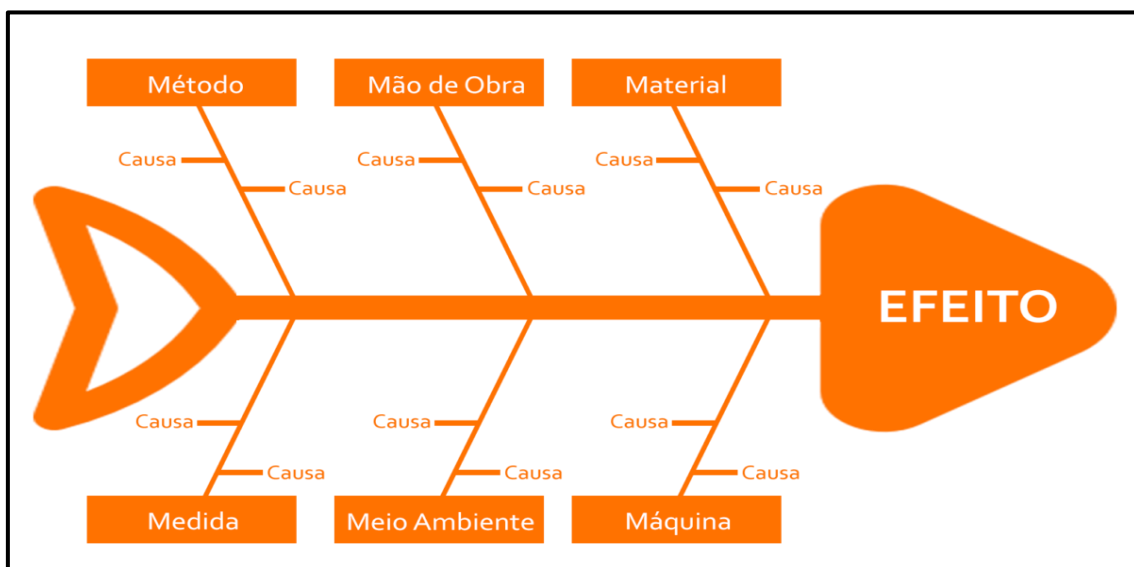
Gregório e Silveira (2018, p. 167) explicam que são duas abordagens diferentes para a aplicação da FMEA, sendo elas:

Bottom-up: é a abordagem mais utilizada e avalia as causas para a identificação do defeito.

Top-down: normalmente utilizada na fase inicial de concepção, analisa as principais funções do sistema e como elas podem falhar.

Devido ao fato de que a FMEA utiliza a relação de causa e efeito, é possível organizar os dados analisados, conforme o diagrama de causa e efeito de Ishikawa, conhecido como espinha de peixe, apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Diagrama de causa e efeito



Fonte: Soares (2024).

A análise desse diagrama, possibilita a definição da criticidade das falhas, através do cálculo do índice de risco (IR), que consiste no produto entre o índice de ocorrência (IO), índice de gravidade (IG) e índice de detecção (ID), conforme mostra a Equação 1:

$$(1) \quad IR = IO \times IG \times ID$$

A ocorrência é a frequência de incidência da falha, a gravidade é o grau de impacto da falha e a detecção é a capacidade de detectar a falha antes que ela ocorra.

Saber quais são os efeitos de falha é muito importante, e poder determinar uma escala para definir sua criticidade também é essencial.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa é de natureza aplicada, com abordagem qualitativa, de caráter exploratório e descritivo. Foi realizada em uma empresa do ramo têxtil de rafia, localizada no oeste do estado de Santa Catarina. Os procedimentos metodológicos adotados incluíram análise documental, entrevistas semiestruturadas e treinamentos com as equipes envolvidas. A pesquisa se apoiou em fontes de material técnico, entrevistas com especialistas do setor e revisão de literatura especializada, com base em conceitos de engenharia de manutenção e gestão de frotas. Também foram analisados pontos críticos de quebra e desgaste de peças.

3.1 OBJETO DE ESTUDO

Nesta pesquisa, utilizou-se como objeto de estudo a frota de empilhadeiras de uma empresa do setor têxtil localizada no oeste de Santa Catarina, composta por equipamentos de diferentes modelos e marcas.

Para garantir maior precisão na análise, foi selecionado apenas um modelo de empilhadeira para estudo detalhado. A definição desse modelo foi realizada por meio da matriz de criticidade, método que permite classificar equipamentos com base em critérios técnicos e operacionais.

Para a construção da matriz, utilizaram-se dados provenientes do Sistema Integrado de Gestão da empresa, que reúne informações operacionais e administrativas. As principais fontes de dados consideradas incluíram: Ordens de compra, que fornecem registros detalhados sobre

a aquisição de materiais, insumos e serviços, permitindo avaliar os custos, prazos e fornecedores envolvidos nas operações.

- Ordens de serviço, que documentam as solicitações e execuções de atividades de manutenção, operação e suporte, sendo fundamentais para o acompanhamento das intervenções realizadas nos equipamentos e processos.
- Leituras de horímetro, que correspondem aos registros dos tempos de funcionamento dos equipamentos. Esses dados são essenciais para mensurar a utilização efetiva dos ativos, além de possibilitar análises de desempenho, desgaste e necessidade de manutenção preventiva ou corretiva.
- Escalas de turno, que informam a alocação dos colaboradores nos diferentes períodos de trabalho. Essa informação permite correlacionar os recursos humanos disponíveis com a produtividade e o funcionamento dos processos ao longo do tempo.
- Tempos efetivos de trabalho, que se referem ao tempo real dedicado pelos colaboradores na execução das atividades operacionais. Esses dados possibilitam uma análise precisa da eficiência operacional, identificando possíveis gargalos, períodos de ociosidade ou necessidades de otimização dos processos.

Foi aplicada uma pesquisa com os operadores de empilhadeira com o objetivo de identificar os modelos mais utilizados, as dificuldades na operação, o desempenho dos equipamentos e a percepção sobre falhas e manutenção. As respostas forneceram informações práticas para o diagnóstico da frota e para a elaboração de um plano de manutenção alinhado às necessidades reais da operação. O questionário contemplou, entre outras, as seguintes perguntas:

- Qual modelo de empilhadeira você utiliza com mais frequência em suas atividades diárias? Há algum motivo específico para essa preferência?
(Objetivo: identificar o modelo mais usado e possíveis motivos de escolha, como ergonomia, potência, facilidade de uso etc.)
- Quais são as principais dificuldades que você encontra ao operar esse modelo de empilhadeira (ex: visibilidade, manobrabilidade, comandos, estabilidade)?
(Objetivo: mapear os pontos críticos enfrentados no uso prático do equipamento.)
- Como você avalia a agilidade e o dinamismo da empilhadeira no ambiente de trabalho (corredores, rampas, cargas irregulares etc.)?
(Objetivo: entender se o modelo atual atende bem ao ritmo e aos obstáculos do processo produtivo.)

- Com que frequência você percebe necessidade de manutenção na empilhadeira que utiliza? Há algum tipo de falha recorrente?

(Objetivo: levantar dados sobre confiabilidade e desgaste dos equipamentos do ponto de vista do usuário.)

A integração desses dados permitiu construir uma matriz de criticidade robusta, capaz de subsidiar decisões gerenciais e promover melhorias nos processos produtivos.

3.2 CRITÉRIOS DA MATRIZ DE CRITICIDADE

Para a construção da matriz de priorização dos equipamentos, foram definidos cinco critérios de avaliação, cada um com seu respectivo peso: frequência de uso, impacto em caso de falha, custo de manutenção, disponibilidade operacional e versatilidade operacional.

O primeiro critério, denominado frequência de uso, apresentou peso de 25% na composição da matriz. Esse critério teve como finalidade mensurar a intensidade de utilização diária dos equipamentos, tomando como referência os registros obtidos por meio das leituras de horímetro. Assim, atribuiu-se uma pontuação de 1 a 10: a nota 1 correspondeu a equipamentos com baixa utilização diária, caracterizados por até duas horas de operação por dia; enquanto a nota 10 foi atribuída a equipamentos submetidos a uso intensivo, superior a dez horas diárias, evidenciando sua alta relevância para as atividades operacionais da empresa.

O segundo critério considerado foi o impacto em caso de falha, que deteve o maior peso na matriz, correspondendo a 30%. Esse critério teve como propósito avaliar o grau de prejuízo que uma falha no equipamento poderia gerar para o processo produtivo. Assim, a nota 1 foi atribuída quando o impacto decorrente da falha era mínimo, caracterizando situações em que a interrupção não comprometia significativamente as atividades. Em contrapartida, a nota 10 foi aplicada nos casos em que a falha ocasionava a paralisação total de um setor crítico para a empresa, resultando em perdas operacionais expressivas e no comprometimento dos prazos e da produtividade.

O terceiro critério analisado foi o custo de manutenção, que teve peso de 15% na matriz. Esse critério considerou os custos acumulados das manutenções corretivas e preventivas realizadas no equipamento. Assim, os equipamentos que demandaram manutenções pouco frequentes e apresentaram custos reduzidos receberam a pontuação mínima, equivalente a 1. Por outro lado, aqueles que exigiram intervenções constantes, com custos elevados de peças, mão de obra ou serviços especializados, receberam a pontuação máxima, equivalente a 10. O quarto critério avaliado foi a disponibilidade operacional, também com peso de 15%. Esse

critério considerou a proporção de tempo em que o equipamento permaneceu disponível para operação, em relação ao tempo previsto de utilização.

A pontuação mínima, correspondente ao valor 1, foi destinada aos equipamentos que demonstraram baixa disponibilidade, seja por falhas recorrentes, manutenções prolongadas ou indisponibilidade operacional. Em contrapartida, a nota 10 foi atribuída aos equipamentos que mantiveram alta disponibilidade, operando de forma eficiente e com interrupções mínimas ao longo do período analisado. Por fim, o quinto critério, versatilidade operacional, também recebeu peso de 15%. Esse critério teve como finalidade mensurar a capacidade do equipamento de atender a diferentes demandas dentro da organização, atuando em múltiplas funções, setores ou tipos de operação. A pontuação mínima, equivalente ao valor 1, foi atribuída aos equipamentos cuja aplicação se mostrou bastante limitada, restrita a uma função específica. Em sentido oposto, a nota 10 foi destinada aos equipamentos que demonstraram elevada adaptabilidade, podendo ser utilizados em diversas atividades ou setores da empresa. A aplicação desses critérios possibilitou uma avaliação abrangente dos equipamentos. Com base na soma ponderada, calculou-se o índice final de criticidade, permitindo identificar a empilhadeira mais crítica para aprofundamento na pesquisa.

3.3 Análise do Processo de Manutenção Atual

Como parte do desenvolvimento da pesquisa, foi realizada uma análise detalhada do processo de manutenção adotado pela empresa na gestão da frota de empilhadeiras. O objetivo foi verificar a existência de planejamento preventivo e avaliar o nível de controle das atividades.

Levantamento organizacional: Foi realizado um mapeamento da estrutura atual da manutenção, considerando a existência de um setor ou equipe responsável, os recursos disponíveis e as formas de execução das atividades, sejam elas internas ou terceirizadas.

Identificação dos tipos de manutenção aplicados: Foram analisadas as práticas utilizadas pela empresa, com base em entrevistas com responsáveis técnicos, observação direta e análise documental, a fim de identificar a predominância de manutenções corretivas, preventivas e/ou preditivas.

Verificação de planejamento preventivo: Foi investigada a existência de um plano formal de manutenção preventiva, considerando a documentação disponível, a periodicidade das inspeções e manutenções programadas, bem como o uso de cronogramas e checklists.

Coleta e análise documental: Foram coletadas evidências documentais, como ordens de serviço, relatórios de manutenção, históricos de falhas, indicadores de desempenho (como MTBF e MTTR) e planilhas de controle, com o objetivo de verificar o nível de controle e registro das ações realizadas.

Análise crítica comparativa: Os dados coletados foram confrontados com as boas práticas de manutenção descritas na literatura técnica, como a Manutenção Produtiva Total (Total Productive Maintenance – TPM) e normas de gestão de manutenção, com o objetivo de identificar falhas, lacunas e oportunidades de melhoria. Essa análise mostrou-se fundamental para compreender o cenário atual da empresa em relação à manutenção da frota, fornecendo subsídios para a proposição de melhorias, especialmente no que diz respeito à adoção ou ao reforço de práticas de manutenção preventiva estruturada.

3.3 ROTEIRO PARA A EXECUÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Como afirma Almeida (2015), as vantagens da utilização da manutenção preventiva para a empresa são várias, como por exemplo: a distribuição objetiva dos recursos humanos, sem a criação de momentos ociosos, ou a falta de profissionais para executar a manutenção. Quando há um cronograma elaborado de manutenção preventiva, também é possível antecipar a compra das peças para a reposição, sem a haver perda de tempo, evitando com isso, o atraso da produção. É importante lembrar que a pontualidade na entrega das encomendas é um fator relevante para a satisfação e fidelização do cliente.

Portanto, para a eficiência da manutenção preventiva é importante utilizar um roteiro de execução de manutenção preventiva, também conhecido como plano de manutenção preventiva. Devendo, ele conter informações como: inventário de equipamentos, definição de tarefas, *checklist* das tarefas (apêndice A), cronograma, treinamento da equipe e acompanhamento e avaliação.

Para este estudo, considerando as 10 empilhadeiras da frota, sendo 7 da marca Jungheinrich, 2 da marca Still e 1 da marca Yale, planeja-se considerar a necessidade de verificações diárias, semanais, mensais e anuais, com foco em sistemas de freios, direção, bateria, pneus, hidráulica e motor, além de itens de segurança. Teve como objetivo prevenir falhas e garantir o bom funcionamento do equipamento, seguindo as recomendações do fabricante e analisando a frequência de uso (para isso considera-se utilizar a tabela do apêndice B).

O calendário foi elaborado conforme orientações da NBR 5462., visto que a mesma orienta os princípios gerais da gestão da manutenção nas empresas.

3.4 CAPACITAÇÃO PARA A EQUIPE DE OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

Para assegurar o bom funcionamento do processo, tornou-se imprescindível investir na capacitação da equipe de manutenção e dos operadores das empilhadeiras. A implementação de um plano estruturado de treinamento mostrou-se essencial para alinhar conhecimentos técnicos, fortalecer boas práticas e promover o uso consciente e seguro dos equipamentos.

A capacitação da equipe de manutenção inicia-se com uma abordagem teórica sobre os fundamentos da manutenção industrial, com ênfase nas estratégias preventivas. Essa etapa tem como finalidade reforçar a importância da manutenção na prevenção de falhas e no aumento da vida útil dos equipamentos, em conformidade com as práticas recomendadas pela ABNT NBR 5462, que trata de confiabilidade e manutenção. O conteúdo abrange a análise de checklists, o planejamento das atividades, a gestão por indicadores de desempenho e o estudo das manutenções previstas nos manuais técnicos dos fabricantes (ABNT, 1994).

A etapa prática contempla os principais componentes das empilhadeiras, com módulos específicos voltados à manutenção mecânica — incluindo sistemas hidráulicos, freios, motores, transmissão, rodas e estrutura — e à manutenção elétrica e eletrônica, abrangendo o diagnóstico de falhas com multímetros, os cuidados com baterias e carregadores e a compreensão dos sistemas eletrônicos de controle. Por sua vez, o treinamento dos operadores de empilhadeira é direcionado à operação segura e eficiente do equipamento.

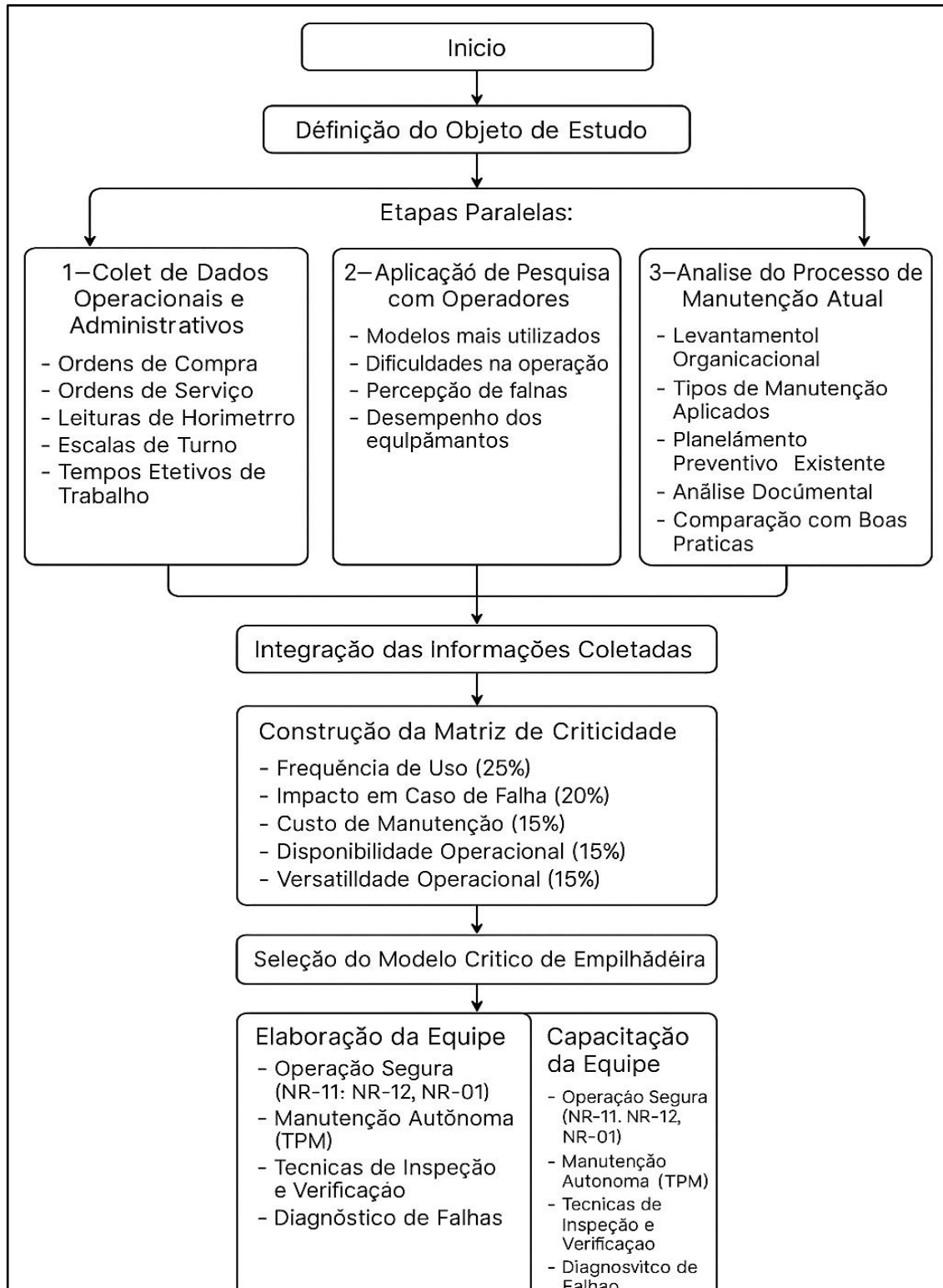
Na etapa inicial, os participantes recebem orientações sobre a legislação aplicável, com ênfase na NR-11 – Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais (BRASIL, 2023), bem como em outras normas de segurança relacionadas, como a NR-12, que trata da segurança em máquinas e equipamentos, e a NR-01, que estabelece diretrizes para capacitação e treinamento. Os diferentes tipos de empilhadeiras que compõem a frota, suas aplicações e especificações técnicas são apresentados aos operadores, permitindo que compreendam as particularidades de cada modelo. Os operadores também são treinados para realizar inspeções pré-operacionais diárias, identificar eventuais falhas visuais ou funcionais e comunicar prontamente qualquer não conformidade à equipe de manutenção.

Essa rotina preventiva é fundamental para evitar acidentes e minimizar o desgaste prematuro dos componentes (BRASIL, 2023). O plano também contempla a formação prática intensiva dos operadores, com foco no domínio das técnicas de manobra, empilhamento e transporte de cargas em diferentes ambientes, como rampas, corredores estreitos e áreas externas. Situações reais de trabalho com diversos tipos de carga são simuladas, em conformidade com as orientações da NR-01, que trata da operação segura de empilhadeiras (BRASIL, 2025).

Além disso, o treinamento inclui orientações sobre a manutenção autônoma, conforme

os princípios da TPM, capacitando os operadores a realizar verificações básicas, como níveis de fluidos, pressão dos pneus, conservação da bateria (em empilhadeiras elétricas), limpeza e preenchimento correto dos checklists (NBRISO, 2024). Na Figura 6 apresenta-se um fluxograma de metodologia mostrando etapas e informações para elaboração do trabalho

Figura 6- Fluxograma de metodologia



Fonte: Os autores (2025).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 MODELO ATUAL DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA

A análise do processo de manutenção das empilhadeiras na empresa têxtil revelou diversas fragilidades que comprometeram a eficiência operacional, a segurança dos trabalhadores e a durabilidade dos equipamentos. A Figura 7, referente ao sistema de manutenção preventiva vigente, evidenciou que, embora a organização declarasse possuir um programa estruturado, as rotinas executadas permaneceram superficiais, inconsistentes e desalinhadas com as diretrizes estabelecidas pela NBR 5462, bem como com as boas práticas recomendadas por Pedrosa (2014) e Almeida (2016).

Figura 7 – Programação de manutenção preventiva para empilhadeira

Código	Data Emissão	Hora Emissão	Data Prevista	Cód Centro Custo	Centro Custo	Máquina
204128	04/09/2023		04/11/2023	24466	EMPILHADEIRA A GAS TOYOT/EM-40	
216168	04/12/2023		910 04/12/2023 09:10:49	24466	EMPILHADEIRA A GAS TOYOT/EM-40	
261177	13/02/2025		1705 13/02/2025 17:05:23	24466	EMPILHADEIRA A GAS TOYOT/EM-40	

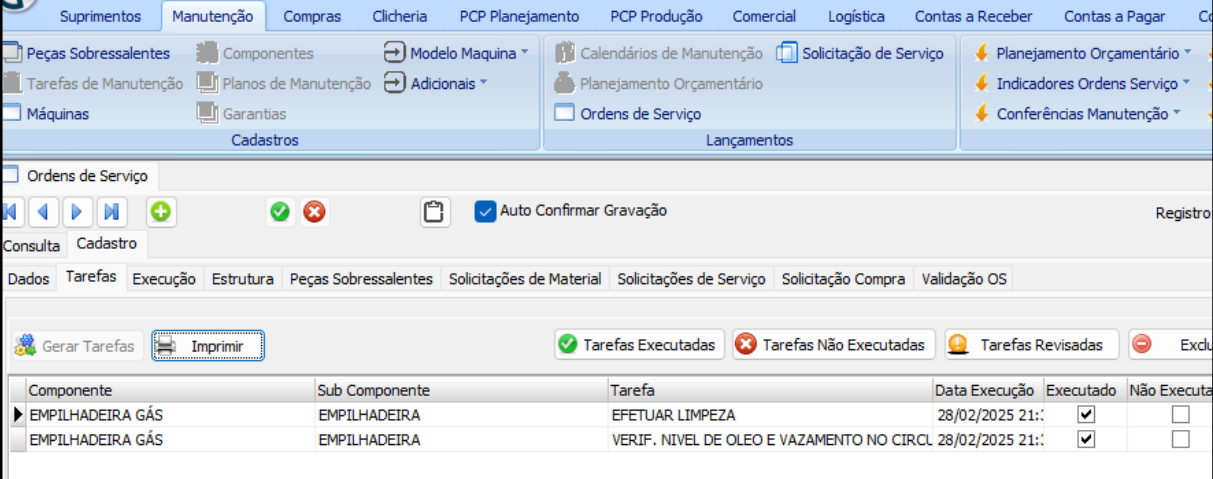
Fonte: Os autores (2025).

A Figura 8, extraída do sistema atualmente utilizado para execução da manutenção preventiva, evidencia que as práticas em vigor se restringem a verificações básicas e esporádicas, como inspeções visuais e conferência de níveis de óleo. Observa-se a ausência de um controle sistemático, de intervalos definidos, de um histórico consolidado e de critérios técnicos para priorização dos equipamentos. Esse cenário corresponde ao que a literatura descreve como manutenção “ad-hoc” ou reativa, caracterizada pelo foco na correção de falhas

somente após sua ocorrência, em vez de preveni-las.

Conforme destaca Almeida (2016), esse modelo tende a gerar custos operacionais elevados, paradas inesperadas e desgaste prematuro dos componentes — fatores claramente observados no ambiente estudado.

Figura 8 – Tarefa para a manutenção preventiva atual para empilhadeira



Componente	Sub Componente	Tarefa	Data Execução	Executado	Não Executa
▶ EMPILHADEIRA GÁS	EMPILHADEIRA	EFETUAR LIMPEZA	28/02/2025 21:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EMPILHADEIRA GÁS	EMPILHADEIRA	VERIF. NIVEL DE OLEO E VAZAMENTO NO CIRCL	28/02/2025 21:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fonte: Os autores (2025).

Em contraste com as empilhadeiras, observa-se que outro equipamento apresentado na Figura 9 e na Figura 10, recebe maior atenção dentro do processo de manutenção da empresa. Para esse equipamento, as rotinas são executadas com maior rigor, incluindo registros mais completos, verificações detalhadas e acompanhamento mais frequente de seu desempenho.

Esse tratamento diferenciado indica que, embora exista capacidade interna para aplicar boas práticas de manutenção, elas ainda não são adotadas de forma uniforme em todos os ativos, evidenciando uma disparidade que deve ser corrigida a fim de garantir maior confiabilidade e padronização no sistema de manutenção como um todo.

Figura 9 – Programação de manutenção preventiva de um cabeçote de costura

Conferência de Custos **Ordens de Serviço**

Registro: 7/8

Auto Confirmar Gravação

Dados **Tarefas** **Execução** **Estrutura** **Peças Sobressalentes** **Solicitações de Material** **Solicitações de Serviço** **Solicitação Compra** **Validação OS**

Código: 261128 Status: 6 FECHADO

Data Emissão: 13/02/2025 Hora Emissão: 00:00

Data Prevista: 28/11/2025 Hora Início Prevista: 00:00 Tolerância Dias:

Máquina: 3343 CE-487 CAB.COST.UNION S.80700 C4 – VA1925434 21007

Plano: 53 ÁREA LIMPA - ALIMENTOS FAB 3

Modelo: 6 CABEÇOTE 80700

Área Manutenção: 1 MECANICO

Tipo Manutenção: 4 MANUT. PREVENTIVA

Centro de Custo: 21007 CAB. COST. UNION S. 80700 C4 – VA1925434 21007

Natureza Compra: 4 MANUT. PREVENTIVA

Observações:

Usuário última edição: 1037 Alexandre Trentin

Solicitante: Admir Dedonato

Calendário: 807

Tempo Previsto: 04:00

Máquina em Garantia: Sim Não

Máquina Parada: Sim Não

Colaboradores

Cod. Colaborador: 91977 JESSE SILVA DE RAMOS Função: Mecânico

Código Colaborador	Nome	Função do Colaborador
91977	JESSE SILVA DE RAMOS	M

Fonte: Os autores (2025).

Figura 10 – Tarefa para a manutenção preventiva atual de um cabeçote de costura

Suprimentos **Manutenção** **Compras** **Clicheria** **PCP Planejamento** **PCP Produção** **Comercial** **Logística** **Contas a Receber** **Contas a Pagar** **Contabilidade** **Controladoria** **TI** **Gestão**

Conferência de Custos **Ordens de Serviço**

Registro: 7/8

Auto Confirmar Gravação

Dados **Tarefas** **Execução** **Estrutura** **Peças Sobressalentes** **Solicitações de Material** **Solicitações de Serviço** **Solicitação Compra** **Validação OS**

Gerar Tarefas **Imprimir** Tarefas Executadas Tarefas Não Executadas Tarefas Revisadas Excluir Tarefa

Componente	Sub Componente	Tarefa	Data Execução	Executado	Não Executado	Revisado	Un	Qtde	Observação
MESA	MOTOR MÁQUINA COSTURA	REVISAR PEÇA/EQUIPAM.	06/11/2025 15:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	
MESA	MOTOR MÁQUINA COSTURA	TROCAR PEÇA / ITEM	06/11/2025 15:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	
MESA	MESA	REVISAR PEÇA/EQUIPAM.	06/11/2025 15:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	
MESA	MESA	TROCAR PEÇA / ITEM	06/11/2025 15:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	
CONJUNTO SUPERIOR	CONJUNTO SUPERIOR	REVISAR E SUBSTITUIR SE NECESSÁRIO	06/11/2025 15:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	
CONJUNTO SUPERIOR	CONJUNTO SUPERIOR	REVISAR PEÇA/EQUIPAM.	06/11/2025 15:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	
CONJUNTO SUPERIOR	CONJUNTO SUPERIOR	TROCAR PEÇA / ITEM	06/11/2025 15:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	
CONJUNTO INFERIOR	CONJUNTO INFERIOR	REVISAR E SUBSTITUIR SE NECESSÁRIO	06/11/2025 15:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	
CONJUNTO INFERIOR	CONJUNTO INFERIOR	REVISAR PEÇA/EQUIPAM.	06/11/2025 15:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	
CONJUNTO INFERIOR	CONJUNTO INFERIOR	TROCAR PEÇA / ITEM	06/11/2025 15:00	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		0	

Fonte: Os autores (2025).

Outro ponto crítico identificado foi a ausência de capacitação adequada tanto para a equipe de manutenção quanto para os operadores. Os resultados mostram que parte das falhas recorrentes está diretamente relacionada ao uso incorreto dos equipamentos, operação fora dos limites recomendados e realização inadequada de verificações diárias. Esta constatação está alinhada com a literatura, que destaca que a qualificação da equipe é um dos pilares para a eficácia de qualquer plano de manutenção preventiva. Quando operadores desconhecem sinais iniciais de falha ou negligenciam procedimentos básicos, a manutenção preventiva torna-se ineficaz, mesmo quando formalmente implementada.

Após a análise apresentada no Apêndice A, identificaram-se falhas relevantes no processo de manutenção da empresa, tais como inspeções superficiais, ausência de padronização, registros incompletos e baixa efetividade das rotinas preventivas. Esses problemas comprometeram a identificação antecipada de falhas, reduziram a confiabilidade dos equipamentos e aumentaram a ocorrência de intervenções corretivas.

Diante desses resultados, concluiu-se que o modelo mais adequado para apoiar o processo de manutenção foi o apresentado no Apêndice C. Esse modelo incluiu a ficha de inspeção utilizada pela empresa, revisada e aprimorada com critérios mais rigorosos, maior detalhamento técnico e itens voltados ao desempenho mecânico, elétrico e operacional das empilhadeiras. As revisões permitiram elevar a precisão das inspeções, padronizar procedimentos e ampliar a compreensão sobre as condições reais dos equipamentos, contribuindo para um processo de manutenção mais estruturado e eficiente.

As atualizações implementadas elevaram o nível de detalhamento das verificações, reduzindo a superficialidade anteriormente observada e tornando a inspeção mais adequada às necessidades reais da operação. Esse aprimoramento favorece a identificação precoce de falhas, aumenta a precisão das análises e contribui significativamente para a eficácia da manutenção preventiva.

A pesquisa aplicada aos operadores de empilhadeira, teve como objetivo identificar os modelos mais utilizados, as principais dificuldades de operação, a percepção sobre falhas e a necessidade de manutenção. As informações coletadas contribuíram para um diagnóstico mais preciso da frota e para a elaboração de um plano de manutenção eficiente e alinhado às necessidades reais da operação, subsidiando decisões gerenciais e melhorias nos processos produtivos da empresa.

4.2 MATRIZ DE CRITICIDADE

A matriz de criticidade foi elaborada com o objetivo de identificar qual empilhadeira da frota apresenta maior relevância operacional e, conseqüentemente, deve ser priorizada na análise detalhada e no desenvolvimento do plano de manutenção preventiva. Para isso, foram definidos cinco critérios, cada um com peso específico, de acordo com sua influência no desempenho e na confiabilidade dos equipamentos:

- Frequência de Uso (25%)
- Impacto em caso de falha (30%)
- Custo de Manutenção (15%)
- Disponibilidade Operacional (15%)
- Versatilidade Funcional (15%)

A atribuição dos pesos seguiu o princípio de que critérios diretamente ligados ao risco operacional e ao impacto sobre a produtividade devem possuir maior relevância, alinhando-se às diretrizes da NBR 5462 e às boas práticas de gestão de ativos.

Para cada empilhadeira (EMP-1 a EMP-5), foram atribuídas notas de 1 a 10 em cada critério, seguindo interpretações específicas: quanto maior a frequência de uso, o impacto e o custo, mais crítico é o equipamento; quanto menor a disponibilidade e a versatilidade, mais alta deve ser sua nota de criticidade. Essas notas foram obtidas a partir de dados operacionais da empresa, registros de falhas, horas trabalhadas e informações fornecidas pelos operadores. Em seguida, aplicou-se a fórmula de criticidade ponderada, onde cada critério é multiplicado pelo seu respectivo peso:

$$\text{Criticidade} = (\text{FU} \times 0,25) + (\text{IF} \times 0,30) + (\text{CM} \times 0,15) + (\text{Doaj} \times 0,15) + (\text{Vfaj} \times 0,15),$$

O resultado obtido representa a nota de criticidade final de cada empilhadeira.

Os valores calculados foram os seguintes:

- EMP 1 → 7,25
- EMP 4 → 6,75
- EMP 5 → 6,40
- EMP 2 → 6,20
- EMP 3 → 5,75

Com base nesses resultados, a EMP-1 foi classificada como a empilhadeira mais crítica do processo, seguida da EMP-4, enquanto a EMP-3 apresentou a menor criticidade. A maior nota da EMP-1 está associada à sua elevada frequência de uso, impacto significativo caso ocorra falha e histórico de manutenção mais oneroso, o que a coloca como prioridade para análise

detalhada e planejamento de manutenção.

A matriz de criticidade, portanto, permitiu estabelecer uma hierarquia clara entre os equipamentos, fundamentando a decisão de selecionar a empilhadeira mais crítica para as etapas subsequentes do estudo, garantindo coerência técnica e alinhamento com práticas de engenharia de manutenção, podendo ser observada na Figura 11.

Figura 11 – Matriz de criticidade

MATRIZ DE CRITICIDADE						
Critério	Interpretação	Peso (%)	TAG	MODELO	MARCA	
Frequência de Uso	Quanto maior, mais crítico	25%	EMP-1	3 RODAS	JUNCH	
Impacto em caso de falha	Quanto maior, mais crítico	30%	EMP-2	4 RODAS	JUNCH	
Custo de Manutenção	Quanto maior, mais crítico	15%	EMP-3	4 RODAS (3T ELÉ.)	JUNCH	
Disponibilidade Operacional	Quanto menor, mais crítico	15%	EMP-4	3 RODAS	STILL	
Versatilidade Funcional	Quanto menor, mais crítico	15%	EMP-5	4 RODAS (GÁS)	YALE	
Critério	EMP 1	EMP 2	EMP 3	EMP 4	EMP 5	
Frequência de Uso	10	7		6	10	7
Impacto em caso de falha	6	5		5	6	7
Custo de Manutenção	8	7		5	2	4
Disponibilidade (ajustada)	5	4		1	2	1
Versatilidade (ajustada)	0	2		5	0	5
Criticidade= $FU \times 0,25 + IF \times 0,30 + CM \times 0,15 + DOaj \times 0,15 + VFaj \times 0,15$			Empilhadeira	Nota Final	Nível de Criticidade	
EMP 1 = $10 \times 0,25 + 6 \times 0,30 + 8 \times 0,15 + 5 \times 0,15 + 0 \times 0,15 = 7,25$			EMP 1	7,25	🚩 Mais crítica	
EMP 2 = $7 \times 0,25 + 5 \times 0,30 + 7 \times 0,15 + 4 \times 0,15 + 2 \times 0,15 = 6,20$			EMP 4	6,75	Alta	
EMP 3 = $6 \times 0,25 + 5 \times 0,30 + 5 \times 0,15 + 1 \times 0,15 + 5 \times 0,15 = 5,75$			EMP 5	6,40	Média	
EMP 4 = $10 \times 0,25 + 6 \times 0,30 + 2 \times 0,15 + 2 \times 0,15 + 0 \times 0,15 = 6,75$			EMP 2	6,20	Média	
EMP 5 = $7 \times 0,25 + 7 \times 0,30 + 4 \times 0,15 + 1 \times 0,15 + 5 \times 0,15 = 6,40$			EMP 3	5,75	Menor criticidade	

Fonte: Os autores (2025).

4.3 ANÁLISE FMEA

O FMEA foi aplicado especificamente ao modelo de empilhadeira selecionado na matriz de criticidade como o mais crítico, permitindo identificar de forma estruturada os modos de falha mais relevantes do equipamento. A análise classificou cada item segundo a gravidade, a ocorrência e a capacidade de detecção, evidenciando que vários pontos sensíveis estão diretamente relacionados ao uso operacional diário e à ausência de padronização nas rotinas de inspeção e manutenção.

Os resultados mostraram que falhas recorrentes, desgaste acelerado de componentes e dificuldades de detecção precoce são fatores que reforçam a necessidade de intervenções preventivas bem estruturadas e de futuras ações de capacitação para os operadores, Figura 12.

Figura 12 – FMEA

FMEA – Manutenção Preventiva de Empilhadeiras Jungheinrich EF 115									
Item	Função	Modo de Falha Potencial	Efeito da Falha	Causa da Falha	Severidade (S)	Ocorrência (O)	Deteção (D)	RPN (S×O×D)	Ações Recomendadas
1	Sistema de freios	Perda de eficiência na frenagem	Acidente, colisão	Vazamento de fluido, desgaste de pastilhas	10	5	4	200	Verificar nível de fluido, trocar pastilhas regularmente, inspeção semanal
2	Pneus	Desgaste excessivo ou danos	Inestabilidade, perda de controle	Uso contínuo, objetos cortantes	9	4	5	180	Inspeção visual diária, rodizio dos pneus, calibragem periódica
3	Bateria (em elétricas)	Falta de carga, falha na retenção de carga	Parada inesperada	Fim da vida útil, má manutenção	8	5	4	160	Carregamento correto, verificação de voltagem, limpeza dos terminais
4	Sistema hidráulico	Vazamentos, baixa pressão	Impossibilidade de elevar cargas	Falta de manutenção, desgaste de vedação	9	4	5	180	Inspeção mensal de mangueiras, troca de fluido conforme manual
5	Motor (combustão ou elé.)	Falha de partida, perda de potência	Parada da empilhadeira	Filtro entupido, vela ruim, falha elétrica	9	3	4	108	Troca de filtros, revisão elétrica, verificação semanal
6	Corrente do mastro	Ruptura ou estiramento	Queda de carga, risco ao operador	Desgaste natural, falta de lubrificação	10	3	5	150	Lubrificação semanal, inspeção visual, substituição conforme desgaste
7	Luzes e alarmes sonoros	Não funcionamento	Risco de atropelamento, baixa sinalização	Queima de lâmpadas, falha elétrica	7	4	3	84	Teste diário antes do uso, troca imediata se falho
8	Garfos	Dobramento, rachaduras	Carga cai, dano a produtos e risco ao operador	Sobrecarga, fadiga do material	10	2	4	80	Inspeção visual, testes não destrutivos semestrais
9	Direção	Dificuldade de manobra	Colisão com objetos, dificuldade em espaços apertados	Vazamento hidráulico, desgaste de componentes	8	3	4	96	Teste funcional semanal, inspeção hidráulica
10	Painel de controle	Indicação incorreta de falhas ou alertas	Falta de resposta do operador a falhas críticas	Curto-circuito, mau contato	7	2	5	70	Teste mensal, manutenção corretiva imediata

Fonte: Os autores (2025).

A partir dos resultados da FMEA, foi elaborado um plano de capacitação direcionado aos operadores. Esse plano tem como finalidade atuar diretamente nos modos de falha identificados na FMEA, especialmente aqueles cuja probabilidade de ocorrência e impacto operacional se mostraram mais elevados. A estrutura do plano foi concebida para fortalecer a rotina de inspeções pré-operacionais, aprimorar a identificação inicial de anomalias e orientar quanto ao uso adequado do equipamento.

Além disso, destaca-se que o *Sistema de Freios* (item 1) apresentou o maior nível de criticidade na análise, reforçando a necessidade de atenção ampliada dos operadores quanto aos procedimentos de verificação e testes funcionais antes do início das atividades..

Itens que exigem conhecimento técnico mais avançado, como manutenção mecânica, sistemas elétricos e cuidados específicos com baterias, serão conduzidos posteriormente por profissionais especializados da área de manutenção e por técnicos certificados do fabricante, garantindo que cada tópico seja tratado com domínio técnico e segurança.

Embora o plano de capacitação ainda não tenha sido executado, os resultados da FMEA demonstram que sua implementação é decisiva para reduzir o índice de risco (IR) dos modos de falha analisados. A previsibilidade obtida pela FMEA evidencia quais falhas tendem a ocorrer com maior frequência, que possuem maior impacto no processo produtivo e quais apresentam baixa detectabilidade — reforçando a necessidade de preparar a equipe antes da execução do plano de manutenção preventiva.

Assim, os resultados desta etapa confirmam que a capacitação planejada é uma ação estratégica para transformar o cenário atual, contribuindo para maior confiabilidade da

operação, menor probabilidade de falhas e alinhamento às práticas recomendadas pela NBR 5462.

A matriz de criticidade permitiu selecionar o equipamento mais relevante para estudo, enquanto o FMEA evidenciou os principais modos de falha e seus fatores contribuintes, demonstrando que grande parte dos problemas observados está relacionada ao uso inadequado, à falta de verificação diária e à baixa detecção precoce de anomalias. Nesse contexto, o plano proposto enfatiza a capacitação como estratégia central, pois operadores bem treinados tendem a reduzir significativamente os custos de manutenção ao evitar falhas por mau uso, identificar desgastes antes que se tornem danos maiores e aplicar corretamente os procedimentos operacionais. Além disso, reforça-se a necessidade de contratar operadores responsáveis e comprometidos com as rotinas estabelecidas, garantindo que as boas práticas ensinadas sejam realmente aplicadas no dia a dia. Uma das alternativas identificadas para elevar a eficácia da manutenção preventiva é a implementação do plano de manutenção proposto no Apêndice B. Esse plano apresenta uma estrutura organizada de atividades, periodicidades definidas e critérios técnicos adequados para inspeção e acompanhamento dos equipamentos, possibilitando a criação de um histórico consistente e de um controle mais rigoroso das intervenções. Sua adoção permitiria reduzir falhas inesperadas, padronizar procedimentos e alinhar o processo às recomendações normativas e às boas práticas de gestão da manutenção, representando um avanço significativo em relação ao modelo atualmente aplicado pela empresa.

5. CONCLUSÕES

Com base em todas as informações levantadas e nas análises realizadas, conclui-se que a confiabilidade e a disponibilidade das empilhadeiras poderão ser elevadas de forma consistente ao adotar um plano focado na qualificação dos operadores e na padronização das inspeções. Mesmo com esse foco na formação, o plano mantém todas as recomendações de manutenção preventiva previstas pelo fabricante, assegurando que as exigências técnicas dos manuais sejam rigorosamente atendidas para maximizar a segurança, o desempenho e a vida útil dos equipamentos.

Os resultados da entrevista indicam que os operadores não encontram dificuldades relevantes relacionadas ao modelo ou à marca das empilhadeiras, demonstrando familiaridade e domínio operacional sobre os equipamentos disponíveis. Contudo, observa-se uma preferência por modelos que apresentam maior rapidez de resposta e melhor compatibilidade com o espaço físico e o fluxo de trabalho da empresa.

Também foi possível identificar que, embora não exista um defeito crônico específico associado às máquinas, os operadores relatam a ocorrência de diferentes problemas ao longo do tempo, decorrentes principalmente do desgaste natural, da intensidade de uso e de variações nas condições operacionais. Esses achados reforçam a necessidade de inspeções sistemáticas, manutenção preventiva estruturada e capacitação contínua para mitigar o surgimento dessas falhas múltiplas e preservar o desempenho dos equipamentos.

REFERÊNCIAS

ABECOM. **Manutenção detectiva o que é, exemplos e sua aplicação na indústria.** 20 out. 2023. Disponível em: <https://www.abecom.com.br/manutencao-detectiva/>. Acesso 10 mai. 2025.

ABIT, Abit Têxtil e. **Valor da produção de vestuário teve aumento de 0,5% em 2022.** Disponível em: <https://www.abit.org.br/noticias/valor-da-producao-devestuario-teve-aumento-de-05-em-2022#:~:text=Estudo%20do%20IEMI%20-%20Inteligência%20de,149%2C6%20bilhões%20de> . Acesso em: 22 mar. 2025.

AGUIAR, Dimas Campos de. **Avaliação de sistemas de prevenção de falhas em processos de manufatura na indústria automotiva com metodologia de auxílio à decisão.** 2007. 135 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista Campus de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/d7cf45cf-1ce0-485f-97cd0089b3a3e974/content>. Acesso em: 27 mar. 2025.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada.** São Paulo: Érica, 2014. ARMAC. Empilhadeiras: conceito e aplicações na indústria. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/d7cf45cf-1ce0-485f-97cd-0089b3a3e974/content> . Acesso em: 21 Mar. 2025.

ALMEIDA, Paulo Samuel de. **Manutenção Mecânica Industrial – Princípios Técnicos e Operações.** Rio de Janeiro: Érica, 2016. *E-book*. ISBN 9788536519807. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536519807/>. Acesso em: 25 abr. 2025.

ALSYOUF, Imad. The role of maintenance in improving companies' productivity and profitability. **International Journal of production economics**, v. 105, n. 1, p. 70-78, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092552730600065X>. Acesso em: 25 abr. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: Confiabilidade e mantenedibilidade.** Rio de Janeiro, 1994. 37 p. CLARCK. Empilhadeira: tudo o que você precisa saber. Disponível em: <https://armac.com.br/blog/maquina/empilhadeira/>. Acesso em: 08 mar. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **14224: Indústrias de Petróleo – Coleta e Intercâmbio de Dados de Confiabilidade e Manutenção para Equipamentos.** 2024. 287 p. Disponível em: https://www.gedweb.com.br/aplicacao/usuario/asp/resultado_avancado.asp. Acesso em: 25 maio 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO (ABIT). **Panorama da indústria têxtil e de confecção brasileira.** São Paulo: ABIT, 2023. Disponível em: <https://www.abit.org.br>. Acesso em: 1 abr. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR-01 – Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais.** Brasília: MTE, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/45ornal45o45ção-social/conselhos-e-orgaos->

colegiados/46ornal46o-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/nr-1. Acesso em: 31 maio 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR-11 – Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais**. Brasília: MTE, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-11-nr-11>. Acesso em: 31 maio 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Brasília: MTE, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022-1.pdf>. Acesso em: 31 maio 2025.

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. 3.ed. rev. E atual. São Paulo: Fundação Dorina Nowill para Cegos, 2009.

FOGLIATO, Flávio. **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: 25 abr. 2025

GREGÓRIO, Gabriela F P.; SILVEIRA, Aline M. **Manutenção industrial**. Porto Alegre: SAGAH, 2018. *E-book*. ISBN 9788595026971. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595026971/>. Acesso em: 21 abr. 2025.

IEMI – INTELIGÊNCIA DE MERCADO. **Brasil Têxtil 2024: relatório setorial da indústria têxtil e de confecção**. São Paulo: IEMI, 2024. Disponível em: <https://iemi.com.br/brasil-textil-2024>. Acesso em: 05 maio 2025.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

MOUBRAY, John. **Reliability-centered maintenance**. Industrial Press Inc., 2001. Disponível em: <https://books.google.com/books?hl=pt-BR&lr=&id=bNCVF0B7vpIC&oi=fnd&pg=PR11&dq=Reliability-Centered+Maintenance&ots=2cUmBEah9B&sig=XANOXHTStufFKZuDQrLHC6sW4yA>. Acesso em: 05 maio 2025.

OTANI, Mário; MACHADO, Waltair Vieira. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial**. Vol.4, n.2, 2008. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/revistagi/article/view/16> Acesso em 25 abr. 2025.

PEDROSA, Bruno Miguel Martins. **Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) aplicada a um Secador Industrial**. 2014. 98 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Engenharia de Lisboa, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2014. Disponível em: <https://repositorio.ipl.pt/bitstream/10400.21/4151/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2025.

RODRIGUES, Gabriel. **Manutenção preditiva, preventiva e corretiva: conheça tipos e diferenças**. 22 nov. 2024. Disponível em:< <https://www.blog.auvo.com/post/manutencao-preditiva-preventiva-e-corretiva>> Acesso em: 24 abr. 2025.

ROSALES, Jean. **Matriz ABC para identificar equipamentos críticos**. 14 dez. 2023. Disponível em:< <https://www.fractal.com/pt-br/manutenpedia/matriz-abc-para-identificar-equipamentos-criticos>> Acesso em: 18 mai. 2025.

SELEME, R. **Manutenção industrial: mantendo a fábrica em funcionamento**. Curitiba: Intersaberes, 2015

SOEIRO, Marcus Vinícius de Abreu; Amauri OLIVIO, Amauri; LUCATO, André Vicente Ricco. **Gestão da manutenção**. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017. Disponível em:< chrome-extension://efaidnbnmnibpcajpcglclefindmkaj/https://cm-cls-content.s3.amazonaws.com/201701/INTERATIVAS_2_0/GESTAO_DA_MANUTENCAO/U1/LIVRO_UNICO.pdf> Acesso em: 25 abr. 2025.

TSANG, Albert HC. Strategic dimensions of maintenance management. **Journal of Quality in maintenance Engineering**, v. 8, n. 1, p. 7-39, 2002. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/13552510210420577/full/html>. Acesso em: 18 mai. 2025.

VEDAN, Alex. A chegada da manutenção assistida na indústria. **Revista Manutenção**. 08 ago. 2023. Disponível em:< <https://revistamanutencao.com.br/literatura/tecnica/manutencao/avancos-tecnologicos-na-manutencao-a-chegada-da-ai-assisted-maintenance.html>> Acesso em: 24 abr. 2025.

WAEYENBERGH, Geert; PINTELON, Liliane. A framework for maintenance concept development. **International Journal of production economics**, v. 77, n. 3, p. 299-313, 2002. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527301001566>. Acesso em: 24 abr. 2025.

WILLICH, Julia. **O que é matriz de criticidade e como implementar?** Produtivo. 15 ago. 2024. Disponível em:< <https://www.produtivo.com.br/blog/matriz-de-criticidade/>> Acesso em: 18 mai. 2025.

WILLICH, Julia. **FMEA: o que é e como calcular**. Produtivo. 07 mar. 2023. Disponível em:< <https://www.produtivo.com.br/blog/fmea/>> Acesso em: 18 mai. 2025.

APÊNDICE A

*coloque aqui a marca
da sua empresa*

Checklist Empilhadeira

Informações do Equipamento	
Tipo Empilhadeira	Série
Horímetro	Fabricante
Informações da Inspeção	
Data da inspeção	
Responsável pela inspeção	
1. Condições gerais	
Pneus <div style="text-align: center;"> Conforme Não conforme <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div>	Aparência <div style="text-align: center;"> Conforme Não conforme <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div>
1.1 Registros Fotográficos	
2. Sistema mecânico	
Limpeza de motor <div style="text-align: center;"> Conforme Não conforme <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div>	Cabos de Alimentação <div style="text-align: center;"> Conforme Não conforme <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> </div>

<p>Parafusos</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>Nível de Água do Radiador</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
2.1 Registros Fotográficos	
3. Sistema de frenagem	
<p>Sapata</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Cilindros</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Tambor</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>Pinça</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Jogo de reparos</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Fluido de freio</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
3.1 Registros Fotográficos	

4. Sistema Hidráulico	
<p>Sem Vazamentos</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>Nível de Óleo</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
<p>Válvulas</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>Mangueiras</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
<p>Bombas</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	
4.1 Registros Fotográficos	
5. Sistema Elétrico	
<p>Válvulas</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>Cabos</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
<p>Bateria</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	

5.1 Registros Fotográficos	
6. Sistema de Segurança	
<p>Luzes de emergência</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Controle das paletas</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Faróis</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Giroflex</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>Direção</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Buzina</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Stop de freio</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>Extintor de incêndio</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
6.1 Registros Fotográficos	

7. Sistema de Elevação	
<p>Correntes</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>Torre e rolamentos</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
<p>Inclinador</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>Suporte do retrátil</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
<p>Garfos e patola de elevação</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>	<p>Guias do retrátil</p> <p>Conforme Não conforme</p> <p><input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p>
7.1 Registros fotográficos	
Observações	

Assinatura do Responsável _____

LEGENDA:

A - – cada 8 horas ou diariamente X - –nspeção visual, teste e ajuste

B - – cada 200 horas ou 5 semanas LI - –uz indicadora

C - – cada 1200 horas ou 6 meses

O - –renar e completar

D - – cada 2400 horas ou 1 ano T - –rocar

VERIFICAÇÕES DE SEGURANÇA E OPERAÇÃO (antes de cada turno) Somente as verificações a cada 8 horas devem ser feitas pelo operador da empilhadeira. As demais devem ser feitas por um mecânico qualificado.	A	B	C	D
Verifique se há cheiro de combustível	Se notar a presença de cheiro de combustível, não dê partida na empilhadeira e avise imediatamente o pessoal da manutenção.			
Vazamentos: combustível, óleo hidráulico, óleo do motor ou água do radiador	X			
Pneus: Condições gerais e pressão (pneumáticos)	X			
Garfos: Condições gerais e travas	X			
Protetor de carga: fixação, rachaduras, montagem	X			
Estado das mangueiras hidráulicas, correntes de elevação e ancoragem	X			
Protetor do operador: fixação, rachaduras e montagem	X			
Cilindro de GLP: ferrugem, corrosão e danos	X			
Adesivos de segurança: instalados e limpos (podem ser lidos com facilidade)	X			
COMPARTIMENTO DO MOTOR	A	B	C	D
Bateria: Estado e nível eletrolítico		X		
Nível do óleo hidráulico		X		O
Nível do óleo da transmissão		X		O
Nível do óleo do motor	X	O		
Filtro de óleo do motor		T		
Correias do motor (todas)	X	T		
Filtro de ar do motor	X	T		
Filtro de combustível				T
Nível do líquido do radiador	X			O
Válvula PVC			X	T
Correia do comando de válvulas		X		T
Regulagem do governador		X		
Comando de válvulas			X	
Regulagem das válvulas do motor			X	
Velas de ignição			T	
COMPARTIMENTO DO OPERADOR	A	B	C	D

Manual de operação junto ao equipamento	X			
Indicação de capacidade de carga	X			
Regulagem do assento e cinto de segurança	X			
Pedal do acelerador: livre e acionamento progressivo	X			
Fluído de freio	LI / X			
CONTROLES (após a partida) Verifique ruídos que não são normais)	A	B	C	
Freio de estacionamento: opera normalmente	X			
Freio de serviço: opera normal e suavemente	X			
Sistema de direção: opera normal e suavemente	X			
Controle direcional frente e ré: opera normalmente	X			
Controle de elevação: opera normal e suavemente	X			
Controle de inclinação: opera normal e suavemente	X			
Buzina e sinais sonoros: opera normalmente	X			
Luzes, faróis e giroflex: operam normalmente	X			
INDICADORES	A	B	C	D
Horímetro: funcionando corretamente	X			
Indicador de temperatura do motor: funcionando corretamente	X			
Indicador de combustível: funcionando corretamente	X			
Indicador da pressão de óleo do motor: funcionando corretamente	LI			
Indicador de carga do alternador: funcionando corretamente	LI			
Indicador da temperatura do óleo da transmissão: funcionando corretamente	LI			
Indicador de baixo nível de líquido do radiador (Opcional): funcionando corretamente	LI			
Indicador de baixo nível do fluido de freio (Opcional): funcionando corretamente	LI			
Indicador de obstrução do filtro de ar (Opcional): funcionando corretamente	LI			
VERIFICAÇÕES NO SISTEMA MOTRIZ	A	B	C	D
Estado de conservação do radiador		X		
Tampa do radiador e aperto correto		X		
Mangueiras e presilhas do radiador		X		
Sistema de GLP: mangueiras e presilhas		X		
Escapamento e silencioso: estado e vazamento		X		
Mangueiras de vácuo: rachaduras ou vazamentos		X		
Velas de ignição		X	T	
Distribuidor		X		
Porcas e prisioneiros das rodas		X		
Transmissão: funcionamento e nível de óleo	X	X		O
Bomba d'água			X	
Bomba de combustível			X	
Filtro de combustível			X	

Tubulação e mangueiras de combustível			X	
Carburador: regulagem e limpeza			X	
Ajustes do governador			X	
Compressão dos cilindros			X	
Sincronismo do comando de válvulas			X	
Coxins do motor			X	
Fixação e aperto de todos os parafusos do motor			X	
Fixação e aperto de todos os parafusos da transmissão e diferencial			X	
Fixação e aperto de todos os parafusos da torre			X	

Transmissão automática: verificar e ajustar			X	
Válvulas de alívio: verificar e ajustar			X	
Tambor de freio e lonas			X	
Filtro de óleo da transmissão			X	
Óleo do diferencial			X	O
LUBRIFICAÇÃO (limpe e inspecione os locais quanto a desgaste e danos)	A	B	C	D
Lubrificar: todas as superfícies de atrito			X	
Todos os engates e articulações			X	
Superfícies de atrito da torre		X		
Superfícies de atrito do carro porta garfos		X		
Limpeza e lubrificação das correntes de elevação		X	O	
Limpeza e lubrificação, com graxa, dos rolamentos das rodas				X
Elemento do filtro de óleo hidráulico				T
Eixo direcional, pino rei e terminais		X		
Respiro do tanque de óleo hidráulico		X		
VERIFICAÇÃO DO SISTEMA HIDRÁULICO	A	B	C	D
Vazamentos no cilindro de elevação	X			
Vazamentos no cilindro de inclinação	X			
Funcionamento e ruídos anormais na bomba hidráulica	X			
Funcionamento e ruídos anormais na bomba da direção	X			
Funcionamento e vazamentos no comando hidráulico	X			
Desgaste, vazamentos ou danos em todas as mangueiras hidráulicas	X			
Vazamentos gerais	X			
VERIFICAÇÃO NO SISTEMA ELÉTRICO	A	B	C	D
Limpeza de todos os comandos elétricos		X		
Interruptores		X		

Chave direcional		X		
Interruptor da luz de freio		X		
Chave de partida		X		
Sensores de pressão e temperatura		X		
Limpeza do alternador e motor de arranque		X		
Verificação das escovas do alternador e motor de arranque		X		
Verificação dos terminais e cabos do alternador e motor de arranque		X		
Limpeza dos contatos da bateria		X		
Condição geral da bateria		X		
Solenóides do sistema de GLP		X		
Todas as conexões elétricas		X		
TORRE E CARRO PORTA GARFOS	A	B	C	D
Limitadores da torre e carro porta garfos	X			
Limpeza dos trilhos da torre	X			
Rolamentos e buchas da torre				

Rolamentos do carro porta garfos	X			
Verificação dos ajustes nas âncoras das correntes de elevação	X			
Verificação de desgaste e rachaduras nas correntes	X			
Garfos: estado geral e desgaste	X			
TESTE DE RODAGEM E TESTE DE CARGA: Proceda estes testes diariamente e depois de cada serviço de manutenção ou reparo. Faça os testes usando a capacidade de carga indicada para a máquina e com os garfos posicionados corretamente. Estes testes devem ser realizados em uma área segura. Opere a empilhadeira cuidadosamente e respeite as regras de trânsito. Relate o funcionamento anormal ou ruídos estranhos.	A	B	C	D
Direção	X			
Freios: serviço e estacionamento	X			
Sinais sonoros e luzes	X			
Motor: aceleração	X			
Torre: funcionamento correto de elevação e inclinação. Faça os testes com e sem carga.	X			

APÊNDICE C
FICHA DE INSPEÇÃO PERIODICA

EMPRESA SELECIONADA		FICHA DE INSPEÇÃO PERIÓDICA		FGR 172 C																												
				Revisão: 17																												
				Data: 04/02/2025																												
Histórico: SOQ Lidiare Rossi Supervisor: Mychael Grando				Data de elaboração: 02/08/2010																												
EQUIPAMENTO: EMPILHADEIRA ELETRICA		TAG:		TURNO: () A () B () C () P																												
				MÊS:																												
Itens inspecionados diariamente		DIA DO MÊS																														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
1	Vazamento de óleo	C																														
		NC																														
2	Freios da empilhadeira	C																														
		NC																														
3	Luzes, farol, buzina, giroflex	C																														
		NC																														
Itens Inspeccionados semanalmente		____/____																														
4	Estado dos pneus	C																														
		NC																														
5	Torre de elevação	C																														
		NC																														
6	Mangueira hidráulica elevação	C																														
		NC																														
7	Corrente de elevação	C																														
		NC																														
8	Limpeza	C																														
		NC																														
9	Banco operador	C																														
		NC																														
10	Pintura	C																														
		NC																														
11	Amassados - Algum item quebrado	C																														
		NC																														
12	Nível do óleo hidráulico	C																														
		NC																														
Assinatura legível operador																																
		1 - Quando NC for relacionado a manutenção: (1) realizar abertura de OS																														
		2 - Quando NC for relacionado a limpeza: (2) Realizar limpeza																														
item	Tipo de nc	correção	Obs																													
Assinatura do legível do lide:																																

APÊNDICE D
PLANO DE CAPACITAÇÃO

OPERADORES DE EMPILHADEIRA

Objetivo: capacitar operadores a monitorar/verificar diariamente e semanalmente os itens do FMEA apresentado, reduzindo falhas e elevando a confiabilidade da empilhadeira.

Conteúdos técnicos de manutenção e conteúdo específicos de bateria serão ministrados exclusivamente por técnico especializado da área de manutenção e técnico especializado do fabricante da bateria/empilhadeira, garantindo precisão e alinhamento às recomendações da Jungheinrich.

1. Estrutura do Treinamento:

Duração total sugerida de 6 a 8 horas com teoria e prática

1.1 Módulos:

- Rotinas de inspeção diária
- Rotinas semanais de manutenção operacional
- Técnicas de identificação de falhas pelos operadores
- Registros, comunicação e resposta imediata
- Prática ao lado da empilhadeira
- Módulo técnico avançado de manutenção (ministrado por técnico especializado)
- Módulo técnico específico de bateria (ministrado por técnico do fabricante)

2. Conteúdos por Item do FMEA:

2.1 Sistema de Freios:

Competências:

- Identificar perda de eficiência;
- Verificar nível de fluido;
- Reconhecer anomalias ao frear.

Rotina:

- Teste de frenagem;
- Conferir resistência do pedal;
- Checar vazamentos.

2.2 Pneus

Competências:

- Reconhecer desgaste e cortes;
- Avaliar estabilidade de manobra.

Rotina:

- Inspeção visual;
- Conferir rachaduras;
- Registrar desgaste.

2.3 Bateria

Competências:

- Verificar carga;
- Observar terminais;
- Identificar sinais de falha.

Rotina:

- Checar SOC;
- Conferir oxidação;
- Garantir carregamento correto.

Treinamento aprofundado ministrado por técnico especializado do fabricante, abordando equalização, diagnóstico, segurança elétrica e manutenção preventiva específica.

2.4 Sistema Hidráulico

Competências:

- Identificar vazamentos;
- Avaliar capacidade de elevação.

Rotina:

- Elevar carga vazia;
- Verificar mangueiras;
- Notificar perda de velocidade.

Explicações detalhadas sobre bomba, válvulas e testes de pressão realizadas por técnico especializado de manutenção.

2.5 Motor Elétrico

Competências:

- Identificar aquecimento;
- Perceber perda de potência.

Rotina:

- Observar resposta ao acelerar;
- Escutar ruídos;
- Registrar falhas.

2.6 Corrente do Mastro

Competências:

- Checar tensão;
- Verificar desgaste e alinhamento.

Rotina:

- Inspeção lateral;
- Avaliar suavidade;
- Lubrificação básica (quando autorizada).

2.7 Luzes e Alarmes

Competências:

- Verificar funcionamento completo.

Rotina:

- Testes antes do turno;
- Solicitar substituições.

2.8 Garfos

Competências:

- Identificar trincas, flecha e deformações.

Rotina:

- Inspeção visual;

- Medir desgaste;
- Conferir travas.

2.9 Direção

Competências:

- Identificar folgas e dificuldade de manobra.

Rotina:

- Teste em zigue-zague;
- Observar vibração;
- Relatar endurecimento.

2.10 Painel de Controle

Competências:

- Interpretar alarmes;
- Verificar mau contato;
- Identificar risco de curto.

Rotina:

- Testar indicador;
- Registrar mensagens;
- Verificar travamentos.

3. Didática:

3.1 Aula teórica de 2h a 3h

- Funções de cada sistema;
- Revisão dos modos de falha críticos;
- Imagens reais de falhas;
- Impacto operacional e financeiro;
- Treinamento técnico específico (realizado pelo técnico de manutenção e técnico do fabricante).

3.2 Aula Prática de 3h a 5h

- Checklist completo;
- Teste de frenagem e direção;

- Verificação do sistema hidráulico;
- Inspeção da bateria;
- Avaliação dos garfos;
- Registro no formulário.

4. Materiais Necessários

- Empilhadeira EFG 115;
- Checklists impressos;
- Gabarito para garfos;
- Lanternas;
- Luvas isolantes leves;
- Manual da Jungheinrich:
<https://www.jungheinrich.com.br/pt/produtos/empilhadeiras-eletricas-efg-115-120-130-efg-vs-409296>
- Agenda de participação dos técnicos especializados (manutenção + fabricante da bateria).

5. Avaliação dos Operadores

5.1 Prova prática:

- Checklist sem auxílio;
- Identificação de 5 falhas;
- Registro correto.

5.2 Prova teórica

- Alarmes;
- Falhas visuais;
- Segurança e limites operacionais.

6. Ferramentas de Monitoramento

- Formulário diário e semanal;
- Indicadores: % checklists completos;