




A UTILIZAÇÃO DA FMEA PARA O PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA DE EQUIPAMENTOS EM UMA PEQUENA EMPRESA DE COSTURA INDUSTRIAL

THE USE OF FMEA FOR PREVENTIVE MAINTENANCE PLANNING OF EQUIPMENT IN A SMALL INDUSTRIAL SEWING COMPANY

Willon José Trindade Filho*  E-mail: willon.jose.017@ufrn.edu.br
Almira de Azevedo da Silva Neta**  E-mail: almira.neta@alunos.ufersa.edu.br
Felipe Jordão de Melo Oliveira** E-mail: felipe.oliveira40490@alunos.ufersa.edu.br
Valéria Martins Oliveira da Silva** E-mail: valeria.silva42252@alunos.ufersa.edu.br
Thyago de Melo Duarte Borges**  E-mail: thyago.melo@ufersa.edu.br
Priscila da Cunha Jacome Vidal**  E-mail: priscila.jacome@ufersa.edu.br
Luciana Torres Correia de Mello** E-mail: luciana.mello@ufersa.edu.br

*Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Natal, RN, Brasil.

**Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), Mossoró, RN, Brasil.

Resumo: A indústria têxtil, em particular o de confecção, desempenha um papel fundamental na economia, sendo responsável pela produção em larga escala de vestuário e outros produtos têxteis. A competitividade crescente nesse setor exige o uso de máquinas altamente produtivas para garantir a continuidade das operações. No entanto, a utilização intensiva dessas máquinas torna a manutenção um fator que merece atenção para evitar paradas inesperadas e garantir a qualidade dos produtos. Neste contexto, este estudo teve como objetivo elaborar um plano de manutenção preventiva para as máquinas de costura de uma pequena empresa do segmento têxtil no interior do Rio Grande do Norte (RN), utilizando a técnica da Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA). Para tanto, foi realizado um estudo de caso com visitas in loco e aplicação de questionários semiestruturados para identificar os principais problemas. A construção do plano resultou em uma proposta que aborda o desgaste de peças, falhas nos tecidos e paradas inesperadas, permitindo um controle mais eficaz sobre as falhas potenciais. O plano de manutenção desenvolvido tem como resultados esperados a preservação da funcionalidade, segurança e qualidade das máquinas, além de aumentar a previsibilidade dos reparos, reduzindo o tempo de inatividade e otimizando a produção.

Palavras-chave: Gestão da manutenção. FMEA. Plano de manutenção. Manutenção preventiva. Indústria têxtil.

Abstract: The textile sector, particularly the garment industry, plays a fundamental role in the economy, being responsible for the large-scale production of clothing and other textile products. Increasing competitiveness in this sector requires the use of highly productive machines to ensure the continuity of operations. However, the intensive use of these machines makes maintenance a critical factor to prevent unexpected downtime and ensure product quality. In this context, this study aimed to develop a preventive maintenance plan for the sewing machines of a small textile company located in the interior of Rio Grande do Norte (RN), Brazil, using the Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) technique. A case study was conducted through on-site visits and the application of semi-structured questionnaires to identify the main issues. The resulting maintenance plan addresses component wear, fabric defects,

and unexpected machine stoppages, allowing for more effective control over potential failures. The expected outcomes of the developed maintenance plan include the preservation of functionality, safety, and machine quality, as well as increased predictability of repairs, reduced downtime, and optimized production.

Keywords: Maintenance management. FMEA. Maintenance plan. Preventive maintenance. Textile industry.

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, as indústrias têxteis têm crescido de forma significativa e desempenhado um papel de grande importância na economia global (Stramarkou *et al.*, 2024). Nisso, o segmento industrial tem buscado cada vez mais a automação de seus processos (He *et al.*, 2021). E, para atender a essa demanda, empregam uma variedade de máquinas que aumentam o desempenho e a eficiência de suas operações, permitindo a execução automática de tarefas e a redução dos custos globais de produção (Roza; Pereira, 2020).

De acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção – ABIT (2018), o setor têxtil permanece altamente dinâmico nos dias de hoje. E, em termos específicos, no âmbito da indústria de transformação, o setor de confecção se destaca como o segundo maior empregador, ficando atrás apenas da indústria alimentícia (Muniz, 2022).

No entanto, embora os números se mostrem expressivos em seus resultados, a indústria têxtil ainda é caracterizada como tradicional, intensiva em mão de obra barata, pouco qualificada, e, além disso, as matérias-primas utilizadas são pouco elaboradas, dispõe de lenta renovação de tecnologias, principalmente de manutenção assídua e eficiente, além de possuir pequena margem de lucro (Lisboa, 2013; Filleti; Boldrin, 2020).

Nesta perspectiva, uma alternativa relevante e que tem sido adotada por muitas empresas, a fim de garantir alta produtividade, é atentar-se para a questão da manutenção de máquinas e equipamentos (Mariano, 2020). Pois, por meio da manutenção é possível obter uma maior disponibilidade dos equipamentos, maior flexibilidade de produção, velocidade de entrega dos produtos, entre outros pontos importantes, que as torna competitivas no mercado (Silva, 2001; Achouch *et al.*, 2022).

Além disso, Bezerra (2019) salienta que a manutenção desempenha um papel fundamental no contexto organizacional, uma vez que é responsável pelo

monitoramento eficaz e pela revisão e reparo, quando necessário, de todas as instalações da empresa.

Para tanto, à luz da contextualização recém evidenciada e considerando a falta de planejamentos estruturados que priorizem a manutenção de equipamentos, foi possível formular o seguinte problema de pesquisa: Como elaborar um plano de manutenção preventiva para máquinas e equipamentos em uma empresa de confecção de roupas, garantindo sua adaptação às rotinas de pequenas manufaturas?

Assim sendo, esta pesquisa tem como objetivo elaborar um plano de manutenção preventiva para as máquinas de costura de uma pequena empresa do segmento têxtil, situada em uma cidade do interior do Rio Grande do Norte, utilizando a ferramenta da Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA) para minimizar as paralisações das máquinas durante as atividades produtivas, assim como para a redução dos desperdícios de tempo.

Para tal, as principais contribuições deste estudo para a literatura sobre atividades e planejamento de equipamentos em manufaturas dos segmento têxtil são resumidas da seguinte forma: (1) O estudo apresenta um método estruturado para a elaboração de planos de manutenção preventiva utilizando o FMEA, demonstrando sua aplicabilidade em pequenas facções têxteis, cujo segmento tem sido pouco evidenciado na literatura sobre gestão da manutenção; e (2) o estudo amplia a discussão sobre a gestão da manutenção preventiva em ambientes de manufatura de baixa complexidade tecnológica, ao propor um modelo estruturado que pode ser replicado e adaptado a diferentes setores intensivos em mão de obra e com recursos limitados.

Logo, se comparado com estudos anteriores como o de Kipchumba *et al.* (2024), que mapearam equipamentos mais críticos e coletaram dados sobre falhas na seção de tecelagem de uma fábrica têxtil, utilizando a FMEA e o Diagrama de Espinha de Peixe para diagnosticar a necessidade de um plano de manutenção, (3) este trabalho se diferencia em não apenas identificar falhas e apontar a necessidade de um plano de manutenção, mas em efetivamente propor e desenvolver um plano de manutenção, fundamentado na priorização de intervenção reparativa por meio do FMEA.

Além disso, o presente estudo se diferencia do trabalho de Relkar (2021), que teve como objetivo propor um modelo de decisão para a gestão da manutenção preventiva com base na revisão dos intervalos de manutenção conforme o estado atual da máquina. Esse modelo utilizou a simulação de Monte Carlo para prever falhas futuras, com foco na otimização dos intervalos de manutenção em um ambiente industrial mais amplo.

Por outro lado, (4) este estudo desenvolve um plano de manutenção que reforça a participação dos funcionários nos cuidados com as máquinas. A proposta incentiva a periodicidade das inspeções e a responsabilidade dos operadores sobre seus equipamentos de trabalho, o que promove uma rotina padronizada e facilita a identificação contínua de melhorias.

Assim sendo, para além desta seção introdutória, que contextualiza o tema, justifica sua relevância e apresenta os objetivos e o problema de pesquisa, na seção 2 é exposto o referencial teórico com os conceitos fundamentais do estudo. Na seção 3 é detalha a metodologia utilizada, enquanto na seção 4 é abordado o estudo de caso, incluindo a caracterização da empresa e suas práticas de manutenção. Por fim, na seção 5 são apresentadas as considerações finais, destacando os principais resultados e sugestões para pesquisas futuras.

2 BACKGROUND TEÓRICO

2.1 Gestão da manutenção

O termo “manutenção” é um conceito que engloba todas as medidas técnicas, administrativas e de gestão executadas durante o ciclo de vida de um item, visando preservá-lo ou restituí-lo a um estado em que possa desempenhar a função e o propósito para os quais foi designado (Ebiloma *et al.*, 2023; Santos *et al.*, 2023). Essa perspectiva ressalta a importância da manutenção para a eficiência produtiva e para a sustentabilidade das instalações de diversas organizações (Ebiloma *et al.*, 2023).

A gestão da manutenção, por sua vez, surge com o objetivo de assegurar a conformidade das máquinas e equipamentos com as especificações operacionais requeridas, resultando em um prolongamento de sua vida útil, devido ao

monitoramento mais minucioso das peças com maior incidência de falhas, garantindo, assim, uma maior durabilidade para todo o sistema (Vieira, 2021).

Gerir um processo de manutenção implica em estar diretamente envolvido no entendimento de algumas ocorrências, que são tradicionalmente divididas em três grupos principais: (1) manutenção corretiva, (2) manutenção preventiva (monitoramento de condições, ações baseadas em condições, manutenção programada) e (3) manutenção de melhoria ou preditiva (Dantas, 2019; Zonta *et al.*, 2020; Kaneko *et al.*, 2022).

A manutenção corretiva se refere ao momento em que ocorrem falhas não planejadas em máquinas ou equipamentos, ou seja, falhas que surgem de forma inesperada durante o uso do equipamento, fora de qualquer programação ou inspeção preditiva ou preventiva, exigindo intervenção imediata dos operadores para restaurar esses equipamentos a um estado operacional produtivo (Zhang *et al.*, 2021). Concentram-se em identificar as razões das falhas, observando o fenômeno que a ocasionou, o qual pode apresentar uma ou mais falhas sintomáticas (Wang *et al.*, 2014).

A manutenção preventiva, por sua vez, consiste em atividades programadas realizadas em máquinas para mantê-las operando no nível desejado e reduzir a probabilidade de falhas (Zhang *et al.*, 2021). É executada em intervalos definidos, geralmente seguindo critérios preestabelecidos, com o objetivo de reduzir as possibilidades de falhas ou deterioração em máquinas, equipamentos ou instalações (Kaneko *et al.*, 2022).

A manutenção preditiva, em contrapartida, utiliza informações e conhecimentos temporais para antecipar possíveis falhas, e com isso, evitar períodos de inatividade não planejados (Zonta *et al.*, 2020). Além disso, conforme evidenciam Zaro e Webber (2022), todas as técnicas utilizadas na manutenção preditiva têm como objetivo indicar as reais condições de funcionamento e desempenho das máquinas, sendo que, por meio do monitoramento de parâmetros, é possível identificar sinais de desgaste ou degradação de seus componentes.

2.2 Planos de manutenção

No contexto da gestão da manutenção, uma ferramenta que tende a proporcionar um acompanhamento mais eficaz para prolongar a vida útil das máquinas e oferecer uma estrutura para monitorar e cuidar dos equipamentos ao longo do tempo, minimizando paradas não planejadas e reduzindo custos de substituição, são os planos de manutenção (Nunes *et al.*, 2021; Badnjevic, 2023).

Um plano de manutenção é um conjunto de informações que orientam a execução eficaz das atividades de manutenção preventiva em equipamentos (Xenos, 1998; Pires, 2022). Eles consistem em diretrizes detalhadas, recomendações e observações específicas sobre as necessidades de cada equipamento (Nunes *et al.*, 2021). Além disso, os planos incluem um calendário de ações preventivas, como inspeções, reformas ou trocas de peças, programadas para datas específicas, de modo que essas ações são baseadas em padrões de manutenção que definem o que inspecionar, reformar ou trocar, com que frequência e como realizar as tarefas (Moreira, 2021).

É importante evidenciar que a atualização regular dos planos de manutenção preventiva é fundamental para incorporar dados reais dos equipamentos, minimizando a margem de erro e otimizando as tarefas de manutenção, o que resulta em redução das falhas (Xenos, 1998; Nunes *et al.*, 2021).

2.3 Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA)

Na criação dos planos de manutenção, a habilidade em resolver problemas assume um papel de grande importância (Ayvaz; Alpay, 2021). Nesse sentido, a FMEA se destaca como uma importante ferramenta integrada, por permitir identificar potenciais falhas em processos e sistemas e contribuir para a prevenção de falhas e para a maximização da disponibilidade de equipamentos (Shiple *et al.*, 2022).

Segundo Fogliato (2009), a FMEA é uma técnica de confiabilidade que tem como objetivos: (i) reconhecer e avaliar as falhas potenciais que podem surgir em um produto ou processo, (ii) identificar ações que possam eliminar ou reduzir a chance de ocorrência dessas falhas, e (iii) documentar o estudo, criando um referencial técnico que possa auxiliar em revisões e desenvolvimentos futuros do projeto ou processo.

Partindo desse pressuposto, Slack *et al.* (2018) apresentam uma sequência de etapas para o desenvolvimento da FMEA. Inicialmente, é necessário determinar os tipos de máquinas e suas respectivas funções. Em seguida, devem-se identificar os modos de falha no processo de cada máquina e os efeitos associados a cada um desses modos.

Na sequência, é preciso levantar as possíveis causas potenciais para cada falha, bem como os meios de controle existentes. Por fim, realiza-se a análise dos dados, atribuindo-se os níveis de severidade (S), ocorrências (O) e detecção (D) para cada modo de falha identificado.

Levando isso em consideração, calcula-se os números de prioridade de risco – NPR (*Number of Priority Risk*) a partir da relação: $NPR = S \times O \times D$, determinando assim, ações recomendadas para priorizar as falhas mais urgentes, implementando assim as ações recomendadas conforme priorização (Almeida, 2000).

3 PERCURSO METODOLÓGICO

Este estudo caracteriza-se por sua natureza aplicada, pois teve como objetivo propor soluções práticas para um problema específico de uma empresa de costura industrial, com base na realização de visitas técnicas e aplicação de questionários semi-estruturados (Turrioni; Mello, 2012). Quanto à abordagem, é uma pesquisa qualitativa, pois buscou compreender em profundidade os processos produtivos da empresa, sem recorrer a análises estatísticas (Marconi; Lakatos, 2022). O método adotado foi exploratório e descritivo, já que procurou tanto aprofundar o conhecimento sobre o problema quanto descrever suas características (Turrioni; Mello, 2012). Por fim, trata-se de um estudo de caso, pois analisou de forma detalhada e contextualizada os processos e as falhas em uma única organização (Marconi; Lakatos, 2022).

Para construção deste trabalho foi definido e estabelecido um roteiro de atividades no qual oito etapas precisaram ser seguidas e cumpridas. Estas incluíram: (1) Construção do Referencial teórico, (2) *Brainstorming* de definições, (3) Levantamento exploratório de empreendimentos, (4) Elaboração do questionário de pesquisa, (5) Visitas in loco, (6) Identificação de problemas, (7) Construção da FMEA, (8) Construção do plano de manutenção.

O primeiro passo consistiu na elaboração de um referencial teórico de fundamentação, cujo objetivo foi fornecer *background* para a compreensão dos principais conceitos que seriam explorados nas seções de resultados do trabalho, tais como: Gestão da manutenção, Planos de manutenção e Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA).

Para elaborar o referencial teórico, foram definidas e selecionadas as bases de dados que possibilitassem a obtenção de informações provenientes de bibliografias mais confiáveis, sendo a plataforma Periódicos CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) uma das bases utilizadas, uma vez que ela abrange mais de 100 bases de dados, incluindo a *Scopus*, *Web of Science*, entre outras. Além disso, o *Google Scholar* também foi um facilitador para a obtenção de bibliografias, bem como também as consultas de informações em fontes mais primárias, como livros digitais, teses, dissertações, monografias e resumos.

A segunda etapa, por sua vez, consistiu na realização de sessões de *brainstorming* cujo objetivo foi avaliar o potencial de desenvolvimento do estudo dentro do segmento têxtil. As seções foram realizadas considerando a *expertise* de sete *stakeholders* interessados, de modo que três deles eram especialistas no assunto e os outros quatro eram pesquisadores.

Para tal, foram conduzidas seis sessões, cada uma delas demandando um tempo médio entre 30 minutos e 1 hora, nas quais ocorreram discussões, trocas de opiniões, definição de metas, delineamento do objeto de pesquisa, e estabelecimento de tarefas e marcos a serem alcançados. Deve-se destacar também, que todas as ideias e informações geradas durante as sessões foram registradas e arquivadas em documentos de texto eletrônicos, planilhas digitais e em materiais físicos.

Logo, para atingir esse fim, foi realizada a terceira etapa, que consistiu em um levantamento exploratório com o objetivo de listar e identificar as principais organizações que atuam no mercado de confecção de vestuário, dado o elevado crescimento deste segmento na região nordeste do Brasil. Com isso, após a definição do segmento escolhido, seis empreendimentos foram selecionados, com cada um deles sendo contatado para avaliar se permitiriam a condução da pesquisa em suas instalações. Os contatos e a lista de organizações foram selecionados a partir da base de dados da Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Norte - FIERN

(2021), seguindo critérios de seleção e priorização de empresas quanto ao seu porte (se eram de médio a grande porte), considerando também sua localização e proximidade em relação ao local de estudo dos pesquisadores.

Após obter a autorização de uma das empresas contatadas para a condução do estudo, a quarta etapa foi elaborar um questionário de pesquisa para fundamentar a realização posterior de uma primeira visita técnica *in loco* às instalações da organização, a fim de observar e compreender seus processos produtivos. O questionário foi dividido em três seções principais, onde a primeira delas abordou questões mais abrangentes, a fim de compreender a origem da empresa, seu setor de atuação, ano de fundação e outros detalhes relevantes para posterior caracterização.

A segunda seção concentrou-se em compreender aspectos específicos do processo produtivo da empresa, incluindo demanda de produção de produtos por dia, capacidade de produção, sistema de produção adotado, relação com fornecedores e demais informações relevantes. A terceira seção, por fim, buscou identificar os desafios enfrentados pela empresa.

Após a validação e elaboração da versão final do questionário de pesquisa, a quinta etapa consistiu na realização de três visitas *in loco* às instalações do empreendimento. A primeira visita teve como objetivo compreender os processos da empresa e identificar os principais problemas que demandavam atenção. A segunda visita foi destinada à apresentação e validação preliminar da proposta de intervenção junto aos responsáveis. Por fim, a terceira visita ocorreu para entrega da proposta final e orientação aos gestores sobre sua implementação. Todas as visitas foram conduzidas com o apoio do gerente geral da empresa, que, na primeira ocasião, ministrou um percurso introdutório explicando o funcionamento do processo produtivo.

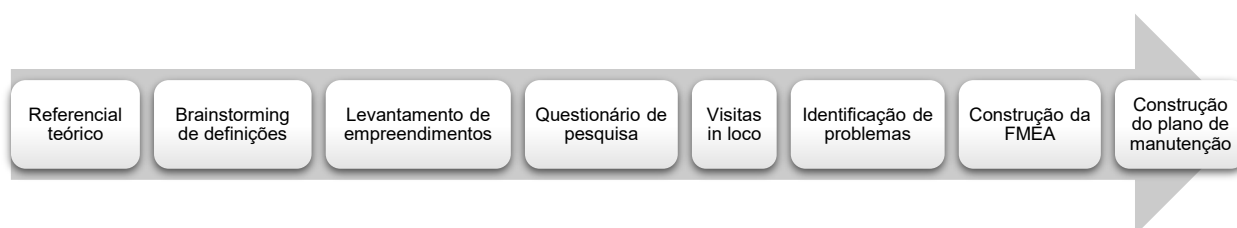
Durante a visita à empresa, após o relato das dificuldades enfrentadas, a sexta etapa consistiu então em listar os principais problemas que têm afetado suas máquinas. A maioria dos problemas apontados estavam relacionados a falhas mecânicas nas máquinas de costura. Essas evidências contribuíram para direcionar a elaboração de um plano de manutenção preventiva a ser proposto. Além disso, também foi necessário elaborar um mapeamento do processo de gestão de manutenção atual da empresa, que foi fundamentado pela utilização da versão 3.9 do

software Bizagi Modeler, com o objetivo de entender como o processo de manutenção vem sendo realizado e quais práticas de manutenção estão sendo adotadas.

A sétima etapa, por sua vez, consistiu na construção de uma FMEA, a fim de sistematizar e priorizar os problemas identificados em cada máquina. A construção do FMEA apresentado baseou-se nas pesquisas realizadas por Almeida (2000), Souza *et al.* (2017) e Teixeira *et al.* (2019). As referidas pesquisas compartilharam o objetivo comum que foi desenvolver, apresentar e propor a aplicação do FMEA em diversos setores industriais, visando aprimorar as técnicas e práticas destinadas a prolongar a vida útil das máquinas em questão.

A oitava etapa, por sua vez, consistiu na estruturação e apresentação da proposta de um plano de manutenção para ser apresentado à empresa, com o propósito de auxiliá-la na gestão das técnicas empregadas para prevenir problemas que possam impactar suas máquinas e, conseqüentemente, sua produção. O plano mencionado foi elaborado com base nas pesquisas desenvolvidas por Moretti *et al.* (2019), Nunes *et al.* (2021) e Gonçalves (2022), cujo objetivo em comum foi a criação e apresentação de estratégias e planos de manutenção para confecções industriais de costura, visando à redução de desperdícios, minimização de paradas não programadas e asseguramento da longevidade das máquinas. A Figura 1 sintetiza e ilustra o procedimento de pesquisa adotado para a condução da pesquisa.

Figura 1 – Procedimento de pesquisa



Fonte: Autores (2025).

4 ESTUDO DE CASO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 Caracterização do local de estudo

O presente estudo foi desenvolvido em uma empresa de pequeno porte do setor de costura industrial, localizada em uma cidade do interior do Rio Grande do

Norte, que atua oficialmente no mercado desde 2004. A organização conta com 29 funcionários, sendo que aproximadamente metade deles é polivalente, ou seja, possui capacidade para desempenhar diferentes funções conforme a demanda da produção.

A estrutura física da empresa consiste em um galpão com dimensões de 10 x 25 metros, onde estão instaladas 70 máquinas. Desse total, 40 encontram-se em pleno funcionamento, 11 estão temporariamente paralisadas por apresentarem defeitos, e 19 foram consideradas irrecuperáveis.

Quanto à capacidade produtiva, a empresa confecciona diariamente diferentes tipos de peças de vestuário. Como exemplo, na produção de *shorts* básicos, a quantidade diária gira em torno de 670 a 700 unidades. A empresa opera sob o sistema de produção empurrada, cuja lógica se caracteriza pela antecipação do processo produtivo com base em previsões de vendas (Vasconcellos; Sampaio; Fonseca, 2022). No contexto da empresa estudada, assim que os insumos chegam, a produção é imediatamente iniciada, e as peças prontas permanecem estocadas até a conclusão dos demais lotes.

4.2 Tipos de máquinas e problemas condicionantes

Para que o fluxo de produção ocorra na empresa, as peças de roupas precisam passar por uma série de maquinários que conferirão sua forma definitiva. A empresa possui uma quantidade considerável de máquinas de processamento, as quais, necessitam de intervenções e tratamentos para otimizar e viabilizar a produção. O Quadro 1 detalha as principais máquinas atualmente em pleno funcionamento na empresa, bem como suas funções e os tecidos nos quais são mais frequentemente utilizados. A estrutura e parte das definições apresentadas foram adaptadas de Nóbrega e Oliveira (2015), com o objetivo de contextualizar os equipamentos presentes no processo produtivo da empresa analisada.

Quadro 1 – Detalhamento das máquinas utilizadas pela empresa

MÁQUINA	FUNÇÃO	MAIOR USO
Retas	Usada a partir de um ponto fixo formado por duas linhas, a superior e a inferior, e ao longo da costura, elas serão entrelaçadas umas às outras	Tecido plano/Jeans
Reta ponto corrente	Une dois tecidos	Tecido plano/Jeans
Interloque	Faz acabamento e fechamento de tecidos mais grossos/mais pesados com ponto de segurança	Tecido plano
Overloque		Malharia/Jeans
Galoneira	Faz rebatimento de elástico, confecção de bainha, gola etc.	Malharia/Tecido plano/Jeans
Caseado reto	Faz as casas das roupas, onde entra o botão ou outros adereços	Malharia/Tecido plano
Cós	Fecha cós, laterais e ombros	Malharia/Tecido plano/Jeans
Máquina de bainha	Vira uma pequena margem do tecido e costura-o antes que o tecido se desfaça	Malharia/Tecido plano/Jeans
Traveti	Faz travas em pontos específicos, onde há maior tensão, como bolsos, etc	Tecido plano

Fonte: Adaptado de Nóbrega e Oliveira (2015).

As máquinas em uso eventualmente exigem a atuação de um técnico especializado em manutenção, sobretudo para realizar *setups* ou reparos emergenciais em caso de falhas. Com isso, tal característica permitiu inferir que o fluxo de produção da empresa tem sido permeado por incertezas, o que resulta em certa preocupação, já que embora estime-se, não se sabe quando ou em que momento um novo problema pode ocorrer.

A presença de falhas recorrentes e a ausência de previsibilidade na manutenção impactam diretamente a produtividade da empresa, como também apontado por Teixeira (2023) ao analisar pequenas indústrias de confecção. Além disso, a relação entre o tipo de tecido e os problemas nas máquinas evidencia a necessidade de ajustes técnicos mais refinados e de capacitação contínua dos operadores, alinhando-se à constatação de Venanzi *et al.* (2020), que identificaram, em estudo de caso no setor têxtil, que defeitos na qualidade da linha de costura, associados à falta de padronização e à alta rotatividade de funcionários, contribuem para falhas na qualidade do produto.

No que diz respeito aos principais problemas que ocorrem na empresa durante a produção, eles estão diretamente relacionados ao tipo de tecido a ser processado. O Quadro 2 sintetiza os principais problemas identificados e em que máquinas ocorrem.

Quadro 2 – Problemas condicionantes das máquinas utilizadas pela empresa

MÁQUINA	FUNÇÃO
Retas	Ponto falho, quebra de linha excessiva, variação no comprimento do ponto, enrugamento do tecido
Reta ponto corrente	
Interloque	Queima, quebra da agulha, pular pontos no ato de começar a costura, possibilidade de peça ou falha
Overloque	
Galoneira	Quebra de fios, marcas acentuadas de furos nas malhas, ausência de informações de ponto
Caseado reto	Quebra de linha ou agulha, desalinhamento do caseado, desgaste das peças
Cós	Quebra da linha ou agulha, desgastes das peças, desalinhamento do có
Máquina de bainha	Quebra de linha ou agulha, bainha enrolada, ondulada, desalinhada ou irregular
Traveti	Quebra de linha ou agulha, desalinhamento do caseado, desgaste das peças

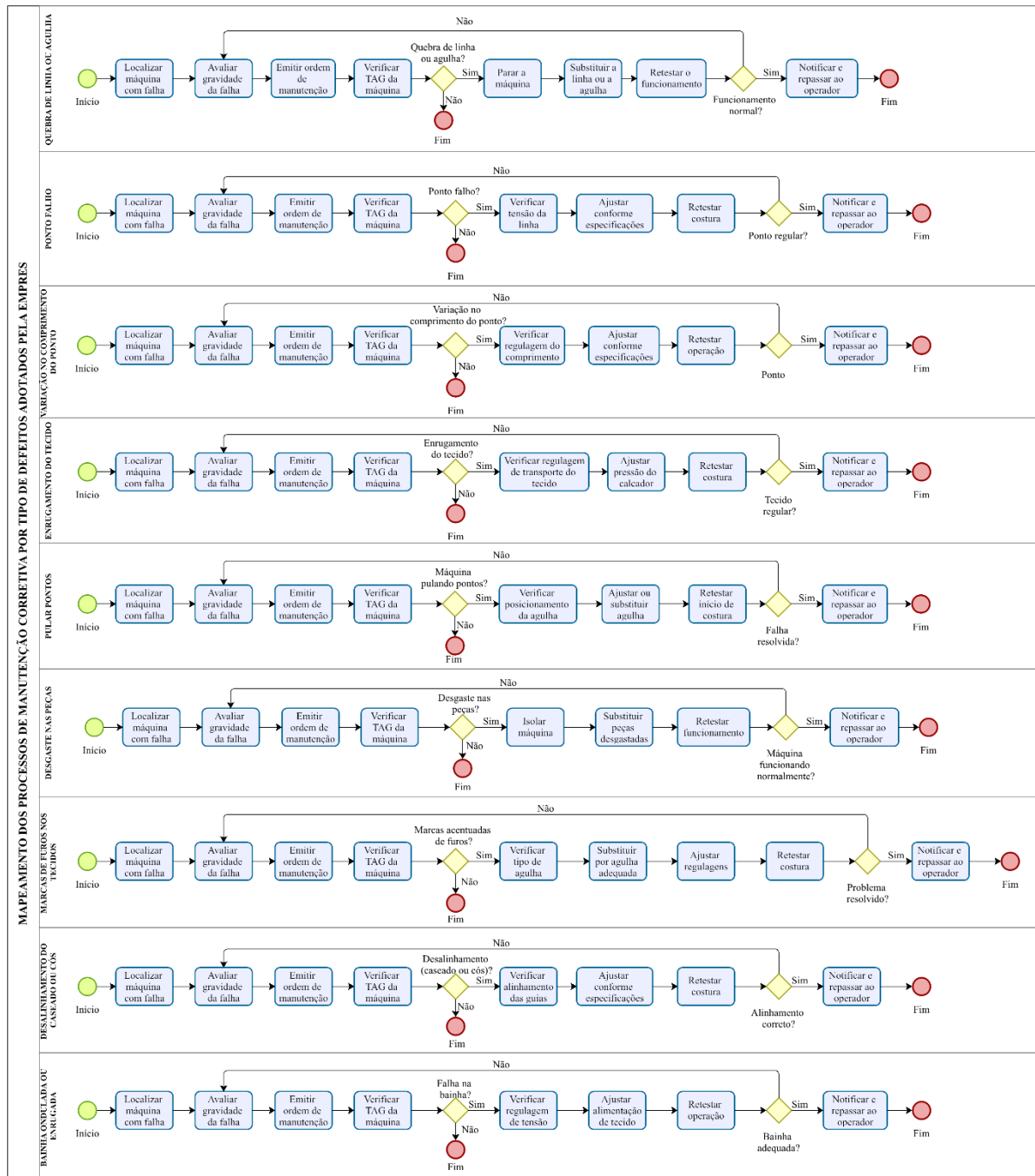
Fonte: Autores (2025).

4.3. Mapeamento de manutenção e ações adotadas pela empresa

Com base na análise dos dados coletados durante a realização das visitas técnicas, foi possível evidenciar que o único tipo de manutenção adotado é a manutenção corretiva. Para executá-la, a empresa conta com um profissional especializado em manutenção mecânica, que é acionado sempre que ocorrem falhas ou defeitos nas máquinas.

A empresa não possui planos de manutenção preventiva ou preditiva, Procedimentos Operacionais Padrão (POP's), documentação, históricos de manutenções realizadas ou históricos de falhas ocorridas, que possam ser utilizados como guia em caso de problemas que impactem uma máquina ou interrompam o fluxo de produção. A partir dessas informações foi possível modelar o processo de manutenção que tem sido utilizado pela empresa, ilustrado na Figura 2.

Figura 2 – Mapeamento de manutenção corretiva da empresa



Fonte: Autores (2025).

4.4. Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA)

Inicialmente, foi realizada a identificação e análise dos problemas apresentados na operação das máquinas. Para isso, foi construída uma FMEA, sugerida à empresa, destacando as principais falhas que impactam as máquinas, suas causas e

consequências. Adicionalmente, foi efetuado o cálculo do número de prioridade de riscos, permitindo identificar quais falhas necessitam de intervenção mais prioritária. O Quadro 3 apresenta a FMEA criada para a empresa em estudo.

Quadro 3 – FMEA desenvolvido para empresa do estudo de caso

Tipo de máquina	Tipo de falha potencial	Efeito da falha potencial	S	Causa da falha em potencial	O	Controles de prevenção	Controles de detecção	D	R	Ação recomendada
Retas	Ponto falho	Danos ao tecido, quebra de linha, pontos irregulares	5	Agulha desgastada	1	Inspeção visual da agulha e tecido	Monitoramento e inspeção regular das costuras	2	10	Reparo imediato e ajuste adequado da máquina conforme tecido a ser processado
	Quebra de linha excessiva	Atraso na produção, enrugamento do tecido, pontos irregulares, quebra de linha, costura desalinhada	4	Alta tensão no ajuste e posicionamento errado do carretel de linha	4	Verificação e ajuste adequado no posicionamento dos carretéis de linha	Monitoramento e inspeção visual do posicionamento dos carretéis de linha e verificação da costura acabada no tecido	1	16	Ajustar carretéis e organizá-los na máquina em posição flexível, aconselhamento aos funcionários e revisão preliminar antes de iniciar o processo
	Varição no comprimento do ponto	Costuras distorcidas ou irregulares, enrugamento do tecido, quebra de linha	4	Linhas muito tensionadas	2	Calibração prévia e ajuste da máquina, verificação das linhas e controle de tensão de linhas	Monitoramento visual	2	16	Treinamento adicional, ajustes preliminares e reparo de máquinas
	Enrugamento do tecido	Danos ao tecido, quebra de linha, pontos irregulares	5	Agulha desgastada	5	Inspeção visual prévia da agulha e da costura no tecido	Monitoramento visual	2	50	Substituição imediata

S = Severidade. O = Ocorrência. D = Detecção.

Tipo de máquina	Tipo de falha potencial	Efeito da falha potencial	S	Causa da falha em potencial	O	Controles de prevenção	Controles de detecção	D	R	Ação recomendada
Interlock/ Overlock	Queima do tecido	Costuras irregulares, fios quebrados, acabamentos desalinhados, desfiamento do tecido, perda da qualidade, retrabalho e consumo de recursos	6	Desregulagem na serrilha e/ou intensidade constante na movimentação da agulha	1	Monitoramento constante do tecido	Inspeção e monitoramento visual	1	6	Revisão de configurações na máquina e do processo de costura
	Quebra da agulha	Interrupção e redução da produção, retrabalho, costuras defeituosas	5	Tecido muito denso e espesso	4	Seleção de agulhas adequadas conforme tecido a ser processado	Monitoramento visual da agulha na máquina após certa quantidade de peças processadas	1	20	Remoção e substituição da agulha danificada e ajustes na máquina
	Pular pontos ao longo do processo de costura	Danos ao tecido, quebra de linha, pontos irregulares	4	Agulha desgastada	2	Calibração prévia e ajuste da máquina e monitoramento visual regular	Inspeções regulares	3	24	Calibragem e ajuste da máquina conforme tecido a ser processado, substituição de agulha sempre que danificada
	Possibilidade de falha ou paradas inesperadas por sobrecarga da máquina	Quebra de linha, costuras irregulares, desfiamento do tecido, paradas frequentes na produção	5	Falta de ajustes ou posicionamento incorreto na tensão das linhas	2	Implementação de cronogramas de manutenção preventiva e conferência regular da máquina	Inspeções, regulagens e limpezas periódicas na máquina	6	60	Comunicação entre operadores de manutenção, ajustes imediatos na máquina

S = Severidade. O = Ocorrência. D = Detecção .

Tipo de máquina	Tipo de falha potencial	Efeito da falha potencial	S	Causa da falha em potencial	O	Controles de prevenção	Controles de detecção	D	R	Ação recomendada
Galoneira	Quebra de fios/linha	Atraso na produção, enrugamento do tecido, pontos irregulares, quebra de linha, costura desalinhada	5	Alta tensão no ajuste e posicionamento errado do carretel de linha ou entupimento ou trava nas bobinas internas de linha	5	Monitoramento e ajustes nos carretéis de linha, verificação e ajustes da máquina	Inspeção e conferência visual contínua	2	50	Ajuste imediato da tensão, retirada e limpeza de excesso de linhas quebradas no interior das bobinas na máquina
	Marcas acentuadas de furos nos tecidos	Danificação das peças de roupa, retrabalho e desperdício de material, costuras irregulares	8	Ausência de ajustes prévios	4	Verificação de agulhas e lâminas e revisão de procedimentos	Inspeção visual contínua	2	64	Parar a produção e ajustar a máquina conforme tecido a ser processado
	Ponto de costura em ajuste errado	Retrabalho e desperdício de materiais, costuras irregulares e desalinhadas, fios puxados ou quebrados	6	Ausência de informações de ponto ou ajustes incorretos	2	Ajuste e calibração da máquina de acordo com a necessidade do tecido a ser processado	Testes prévios em amostras de tecidos antes de iniciar o processamento e inspeção visual regular	1	12	Reparo imediato e ajuste adequado da máquina conforme tecido a ser processado

S = Severidade. O = Ocorrência. D = Detecção.

Tipo de máquina	Tipo de falha potencial	Efeito da falha potencial	S	Causa da falha em potencial	O	Controles de prevenção	Controles de detecção	D	R	Ação recomendada
Caseado reto	Quebra de linha excessiva	Atraso na produção, enrugamento do tecido, pontos irregulares, quebra de linha, costura desalinhada	4	Alta tensão no ajuste e posicionamento errado do carretel de linha	4	Verificação e ajuste adequado no posicionamento dos carretéis de linha	Monitoramento e inspeção visual do posicionamento dos carretéis de linha e verificação da costura acabada no tecido	1	16	Ajustar carretéis e organizá-los na máquina em posição flexível, aconselhamento aos funcionários e revisão preliminar antes de iniciar o processo
	Quebra da agulha	Interrupção e redução da produção, retrabalho, costuras defeituosas	5	Tecido muito denso e espesso	4	Seleção de agulhas adequadas conforme tecido a ser processado	Monitoramento visual da agulha na máquina após certa quantidade de peças processadas	1	20	Remoção e substituição da agulha danificada e ajustes na máquina
	Desalinhamento do caseado	Costuras desalinhadas, distorção do padrão, desperdício de materiais, atrasos na produção	6	Posicionamento incorreto da peça de tecido	3	Verificação e inspeção visual do tecido, utilização de gabaritos de direcionamento, verificação e ajustes da máquina, ponto e posicionamento da linha	Testes prévios em amostras de tecidos antes de iniciar o processamento e inspeção visual regular	1	18	Correção e ajuste imediatos
	Desgaste de peças componentes da máquina	Perda de produtividade, interrupção da produção, desgaste prematuro das peças da máquina, costuras irregulares	7	Uso excessivo da máquina e ausência de manutenção	2	Treinamento de operadores, estabelecimento de limites de uso para máquina, monitoramento de uso	Inspeções regulares, monitoramento visual e registros de manutenções realizadas	5	70	Parar produção e realizar a substituição/reposição imediata de peças defeituosas

S = Severidade. O = Ocorrência. D = Detecção.

Tipo de máquina	Tipo de falha potencial	Efeito da falha potencial	S	Causa da falha em potencial	O	Controles de prevenção	Controles de detecção	D	R	Ação recomendada
Cós	Quebra de linha excessiva	Atraso na produção, enrugamento do tecido, pontos irregulares, quebra de linha, costura desalinhada, perda da qualidade	4	Alta tensão no ajuste e posicionamento errado do carretel de linha	4	Verificação e ajuste adequado no posicionamento dos carretéis de linha	Monitoramento e inspeção visual do posicionamento dos carretéis de linha e verificação da costura acabada no tecido	1	16	Ajustar carretéis e organizá-los na máquina em posição flexível, aconselhamento aos funcionários e revisão preliminar antes de iniciar o processo
	Quebra da agulha	Interrupção e redução da produção, retrabalho, costuras defeituosas	5	Tecido muito denso e espesso	4	Seleção de agulhas adequadas conforme tecido a ser processado	Monitoramento visual da agulha na máquina após certa quantidade de peças processadas	1	20	Remoção e substituição da agulha danificada e ajustes na máquina
	Desgaste de peças componentes da máquina	Perda de produtividade, interrupção da produção, desgaste prematuro das peças da máquina, costuras irregulares	7	Uso excessivo da máquina e ausência de manutenção	2	Treinamento de operadores, estabelecimento de limites de uso para máquina, monitoramento de uso	Inspeções regulares, monitoramento visual e registros de manutenções realizadas	5	70	Parar produção e realizar a substituição/reposição imediata de peças defeituosas
	Desalinhamento do cós	Costuras distorcidas ou irregulares, enrugamento do tecido, quebra de linha, redução da produtividade	6	Linhas muito tensionadas	3	Fixação adequada do tecido, posicionamento e ajuste adequado dos carretéis de linha	Inspeção e monitoramento visual	2	36	Reparo imediato, reposicionamento dos carretéis em posição adequada e flexível

S = Severidade. O = Ocorrência. D = Detecção.

Tipo de máquina	Tipo de falha potencial	Efeito da falha potencial	S	Causa da falha em potencial	O	Controles de prevenção	Controles de detecção	D	R	Ação recomendada
Máquina de bainha	Quebra de linha excessiva	Atraso na produção, enrugamento do tecido, pontos irregulares, quebra de linha, costura desalinhada	4	Alta tensão no ajuste e posicionamento errado do carretel de linha	4	Verificação e ajuste adequado no posicionamento dos carretéis de linha	Monitoramento e inspeção visual do posicionamento dos carretéis de linha e verificação da costura acabada no tecido	1	16	Ajustar carretéis e organizá-los na máquina em posição flexível, aconselhamento aos funcionários e revisão preliminar antes de iniciar o processo
	Quebra da agulha	Interrupção e redução da produção, retrabalho, costuras defeituosas	5	Tecido muito denso e espesso	4	Seleção de agulhas adequadas conforme tecido a ser processado	Monitoramento visual da agulha na máquina após certa quantidade de peças processadas	1	20	Remoção e substituição da agulha danificada e ajustes na máquina
	Bainha enrolada, ondulada, desalinhada ou irregular	Danos ao tecido, quebra de linha, pontos irregulares	7	Agulha desgastada	2	Uso de agulhas consideradas a partir do tecido em uso, verificar e analisar tecido a ser processado	Inspeção e monitoramento visual	2	28	Substituição imediata da agulha e remoção e reconstrução de costuras defeituosas

S = Severidade. O = Ocorrência. D = Detecção.

Tipo de máquina	Tipo de falha potencial	Efeito da falha potencial	S	Causa da falha em potencial	O	Controles de prevenção	Controles de detecção	D	R	Ação recomendada
Traveti	Quebra de linha excessiva	Atraso na produção, enrugamento do tecido, pontos irregulares, quebra de linha, costura desalinhada, perda da qualidade	4	Alta tensão no ajuste e posicionamento errado do carretel de linha	4	Verificação e ajuste adequado no posicionamento dos carretéis de linha	Monitoramento e inspeção visual do posicionamento dos carretéis de linha e verificação da costura acabada no tecido	1	16	Ajustar carretéis e organizá-los na máquina em posição flexível, Aconselhamento aos funcionários e revisão preliminar antes de iniciar o processo
	Quebra da agulha	Interrupção e redução da produção, retrabalho, costuras defeituosas	5	Tecido muito denso e espesso	4	Seleção de agulhas adequadas conforme tecido a ser processado	Monitoramento visual da agulha na máquina após certa quantidade de peças processadas	1	20	Remoção e substituição da agulha danificada e ajustes na máquina
	Desalinhamento do caseado	Costuras desalinhadas, distorção do padrão, desperdício de materiais, atrasos na produção, perda da qualidade	6	Posicionamento incorreto da peça de tecido	3	Verificação e inspeção visual do tecido, utilização de gabaritos de direcionamento, verificação e ajustes da máquina, ponto e posicionamento da linha	Testes prévios em amostras de tecidos antes de iniciar o processamento e inspeção visual regular	1	18	Correção e ajuste imediatos
	Desgaste de peças componentes da máquina	Perda de produtividade, interrupção da produção, desgaste prematuro das peças da máquina, costuras irregulares	7	Uso excessivo da máquina e ausência de manutenção	2	Treinamento de operadores, estabelecimento de limites de uso para máquina, monitoramento de uso	Inspeções regulares, monitoramento visual e registros de manutenções realizadas	5	70	Parar produção e realizar a substituição/reposição imediata de peças defeituosas

Fonte: Autores (2025). S = Severidade. O = Ocorrência. D = Detecção.

Com base na construção da FMEA, fica clara a importância de se adotar medidas preventivas de manutenção para lidar com as falhas identificadas na empresa de costura estudada. O desgaste de peças componentes da máquina, com um número de prioridade de risco (NPR) de 70, indica a necessidade de manutenção preventiva das máquinas, com limpeza e/ou substituição regular dessas peças para evitar falhas que possam interromper a produção. Estudos anteriores corroboram essa necessidade, demonstrando que falhas por desgaste são uma das principais causas de inatividade em processos industriais de manufatura (Luna *et al.*, 2022). Além disso, a implementação de uma boa estratégia de manutenção preditiva deve melhorar a condição do equipamento, reduzir as taxas de falhas do equipamento e minimizar os custos de manutenção, ao mesmo tempo em que maximiza a vida útil do equipamento (Carvalho *et al.*, 2019).

Falhas como marcas acentuadas de furos nos tecidos, sobrecarga da máquina, quebra de fios/linha e enrugamento do tecido apresentaram pontuações entre 50 e 64, exigindo atenção imediata para evitar impactos na qualidade do produto final. E, na terceira categoria de prioridades, falhas como quebra da agulha, desalinhamento do cóis e bainha irregular obtiveram pontuação NPR entre 20 e 40. Embora apresentem menor gravidade em comparação com as anteriores, sua repetição pode comprometer o desempenho do maquinário e a padronização dos produtos.

Por último, há falhas como ponto falho, quebra de linha excessiva, variação no comprimento do ponto, queima do tecido, ponto de costura em ajuste errado e desalinhamento do caseado. Logo, embora tenham uma pontuação mais baixa, estas falhas também demandam atenção e treinamento para garantir a integridade da produção e a durabilidade das máquinas. O estudo de Alauddin (2018) aponta que, a implementação de treinamentos operacionais para manuseio correto das máquinas tem sido recomendada para minimizar erros humanos e otimizar a produtividade.

Assim sendo, a interpretação do FMEA construído destaca a importância de um plano de manutenção a ser implementado na empresa. Pois, a abordagem proativa para lidar com as falhas críticas identificadas não apenas pode preservar a vida útil das máquinas da empresa, mas também otimizar a produção, reduzindo paradas inesperadas e melhorando a qualidade dos produtos.

Além disso, os resultados obtidos por esta pesquisa estão de acordo com os resultados apresentados no trabalho de Kardec e Nascif (2009), que evidenciam que existem seis grandes perdas em uma fábrica, sendo elas: (1) perdas por quebras, (2) perdas por mudança de linha (interrupção na linha de produção), (3) perdas por operação em vazio e pequenas paradas, (4) Perdas por queda de velocidade de produção, (5) Perdas por produtos defeituosos, (6) Perdas por queda de rendimento.

4.5. Proposta de plano de manutenção e desdobramento de ações preventivas

Com base na problemática identificada e nas necessidades da empresa para garantir a preservação de suas máquinas, foi desenvolvido um plano de manutenção preventiva. O referido plano leva em consideração a identificação das máquinas, suas respectivas funções, as ações necessárias com base nos problemas identificados, o responsável pela execução da ação e a periodicidade com que as ações devem ser realizadas.

Nesta perspectiva, o referido plano adota uma abordagem mais abrangente e global, fornecendo uma análise detalhada das principais características das máquinas da empresa. O Quadro 4 apresenta o plano elaborado.

O plano de manutenção foi desenvolvido com o objetivo de identificar as máquinas, suas funções e as ações de manutenção necessárias para evitar falhas inesperadas. Cada ação foi associada a um responsável (operador da máquina ou mecânico), e a periodicidade com que essas ações devem ser executadas foi definida (diária, semanal, quinzenal, mensal, etc.).

Com isso, a principal implicação do plano construído retorna à redução de paradas não programadas, que podem comprometer a produtividade, além de assegurar a longevidade das máquinas e a qualidade dos produtos confeccionados. Ele também possibilita a minimização de desperdícios, tanto de tempo quanto de materiais, por meio da manutenção regular e do monitoramento constante das condições das máquinas. Além disso, o plano integra ações de verificação e ajuste de componentes importantes, como a substituição de agulhas, a verificação de tensões das linhas, a lubrificação e limpeza das partes móveis, e a inspeção do sistema de corte, entre outras atividades.

Deve-se evidenciar ainda, que o plano proposto também serve como uma ferramenta estratégica para a empresa, uma vez que permite uma gestão mais estruturada dos recursos e da alocação de tarefas. Através da identificação dos responsáveis por cada ação de manutenção e da padronização dos procedimentos, o plano pode reduzir a variabilidade nos processos de manutenção, aumentando a confiabilidade das operações e proporcionando uma base de dados mais precisa para a análise de desempenho e melhoria contínua das práticas de manutenção.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo deste artigo, que foi apresentar um plano de manutenção preventiva fundamentado pela aplicação da Análise do Modo e Efeito de Falhas (FMEA) para uma pequena empresa de costura industrial, foi possível perceber que a combinação das duas ferramentas tende a trazer vantagens perceptíveis para a manutenibilidade das máquinas e, conseqüentemente, para sua integridade física e operacional.

A elaboração da FMEA permitiu identificar de forma sistemática as falhas potenciais e suas causas nas máquinas da empresa de costura industrial, tornando possível priorizar as falhas com maior risco, como o desgaste de peças e a quebra de

linhas, e garantindo que as ações corretivas e preventivas fossem direcionadas para as áreas mais críticas.

Além disso, o uso da FMEA não apenas revelou as principais causas de paradas inesperadas e defeitos na produção, mas também destacou a importância de intervenções preventivas para otimizar a produção e minimizar os desperdícios.

Quanto ao plano de manutenção, este trouxe um controle mais organizado sobre o estado das máquinas. Sua implementação, uma vez considerada, tende a facilitar o monitoramento contínuo da condição de cada equipamento e oferecer uma previsão mais precisa sobre quando cada máquina demandará reparos ou ajustes.

Nesta perspectiva, embora a abordagem utilizada se configure como um método simples, também foi possível constatar que mesmo na era da virtualização, problemas comuns de falhas e defeitos mecânicos pela ausência de métodos de acompanhamento ainda têm sido um problema muito frequente, sobretudo em indústrias de médio porte do segmento têxtil, que operam com alta e intensa demanda operacional.

Para essa problemática, o estudo destacou que para tornar mais eficientes as práticas de manutenção em empresas do segmento de costura e elaborar um plano preventivo de falhas, o primeiro passo parte da realização do mapeamento do processo para identificar o problema, nesse caso, mapear o processo de manutenção. Ao conhecer a necessidade de cada máquina, o próximo passo consiste em estabelecer a estratégia de manutenção a ser adotada e definir se ela possuirá uma abordagem corretiva, preventiva ou preditiva. Nisso, o próximo passo consiste em condensar em um plano único o tipo de máquina, sua característica, a falha recorrente que a comete e a possível ação que a corrige. Partindo dessa premissa, obtém-se então uma orientação de onde, como e de que maneira se pode atuar e com isso buscar a melhor solução que atenda à necessidade presente.

Sendo assim, diante dos resultados encontrados, sugere-se então que pesquisas futuras implementem o plano de manutenção desenvolvido na prática e realizem um comparativo longitudinal do antes e depois de sua utilização, apresentando os benefícios obtidos. Além disso, a construção deste trabalho também abre portas para que outras empresas investiguem a implementação de tecnologias avançadas de monitoramento mecânico no segmento têxtil, implementem a análise

de dados em tempo real e a avaliação do impacto financeiro dessas estratégias de planejamento aplicadas na prática.

REFERÊNCIAS

ALAUDDIN, M. **Process improvement in sewing section of a garments factory – a case study**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial e de Produção) – Department of Industrial and Production Engineering, Bangladesh University of Engineering and Technology, Dhaka, 2018.

ALMEIDA, M. T. **Manutenção Preditiva: Confiabilidade e Qualidade**. Itajubá, MG, 2000.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO - ABIT. **O poder da moda: Cenários, desafios e perspectivas**. São Paulo, 2018. Disponível em: <<http://abit-files.abit.org.br/site/publicacoes/cartilha.pdf>>. Acesso em: 05 set. 2023.

ACHOUCH, M.; DIMITROVA, M.; ZIANE, K.; SATTARPANAH KARGANROUDI, S.; DHOUIB, R.; IBRAHIM, H.; ADDA, M. On predictive maintenance in industry 4.0: Overview, models, and challenges. **Applied Sciences**, v. 12, n. 16, p. 8081, 2022.

AYVAZ, S.; ALPAY, K. Predictive maintenance system for production lines in manufacturing: A machine learning approach using IoT data in real-time. **Expert Systems with Applications**, v. 173, p. 114598, 2021.

BADNJEVIC, A. Evidence-based maintenance of medical devices: Current shortage and pathway towards solution. **Technology and Health Care**, v. 31, n. 1, p. 293-305, 2023.

BEZERRA, E. M. C. **Proposição de um plano de manutenção: um estudo de caso em uma indústria de confecção**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de produção) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Angicos, RN, 2019.

CARVALHO, T. P. SOARES, F. A. A. M. N.; VITA, R.; FRANCISCO, R. P.; BASTO, J. P.; ALCALÁ, S. G. S. A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. **Computers & Industrial Engineering**, v. 137, p. 106024, 2019.

DANTAS, I. S. **Importância e benefícios do planejamento de gestão de manutenção.** (Trabalho de Conclusão de Curso) - Departamento de engenharia mecânica, João Pessoa/PB, Universidade Federal da Paraíba, 2019.

EBILOMA, D. O.; AIGBAVBOA, C. O.; ANUMBA, C.. Towards digital twin maintenance management of health facilities in Nigeria: the need for maintenance documentation. **Buildings**, v. 13, n. 5, p. 1339, 2023.

FIERN, Federação das Indústrias do Rio Grande do Norte. **Guia Industrial.** Base de dados, 2021. Disponível em: <<https://www.fiern.org.br/mercado-e-economia/>>. Acesso em: 20 ago. 2023.

FILLETI, J. P.; BOLDRIN, R. A indústria têxtil no Brasil: um modelo econométrico analisando a hipótese de desindustrialização setorial. **Economia e Sociedade**, v. 29, p. 861-890, 2020.

FOGLIATO, F. **Confiabilidade e Manutenção Industrial.** Grupo GEN, 2009.

GONÇALVES, L. A. A. **Implementação de um plano de manutenção numa empresa têxtil.** 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial) - Universidade do Moinho, Escola de Engenharia, 2022.

HE, Z.; XU, J.; TRAN, K. P.; THOMASSEY, S. ZENG, X.; YI, C. Modeling of textile manufacturing processes using intelligent techniques: a review. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 116, n. 1, p. 39-67, 2021.

KANEKO, F. P.; NEVES, L. O.; TABAH, J. Gestão da manutenção industrial. **Creare-Revista das Engenharias**, v. 4, n. 1, 2022.

KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção-função estratégica.** Qualitymark Editora Ltda, 2009.

KIPCHUMBA, B. B. CHMWENO, P.; OCHOLA, J.; NGANYI, E. O. Statistical mapping and data collection of critical equipment failures in the weaving section of textile manufacturing. **Engineering Reports**, v. 6, n. 3, p. e12743, 2024.

LISBOA, S. A. A. **A organização da indústria têxtil brasileira no contexto internacional.** Monografia (Bacharel) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Economia, Rio de Janeiro, 2013.

LUNA, J. A. C.; HERRERA, M. M.; CRUZ, E. P.; SANTOS, V. V. Application of RCM and FMEA Methodology to Improve Industrial Maintenance Management: A Case

Study of Fibers for Mattresses. **Industrial Engineering Letters**, v. 12, n. 1, p. 33-41, jan. 2022.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 8. ed. Barueri, SP: Atlas, 2022.

MARIANO, G. H. C. Manutenção preventiva corretiva em edificações: uma revisão de literatura. **Engineering Sciences**, v. 8, n. 2, p. 10-17, 2020.

MOREIRA, F. S. C. **Proposta de um plano de manutenção em uma indústria de cerâmica vermelha**: um estudo de caso. 2021. 87f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Ceará, Campus de Russas, Russas, 2021.

MORETTI, I. C.; CRUS, P. G.; GUIMARÃES, T. C. Planejamento e controle da manutenção (PCM): um estudo de caso em uma empresa de confecção de bonés. In: **IX Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. Ponta Grossa**. 2019. p. 1-11.

MUNIZ, A. M. V. **Geografia da indústria têxtil e de confecções**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2022.

NÓBREGA, L. C. O.; OLIVEIRA, A. Costura Industrial - Métodos e Processos de Modelagem para Produção de Vestuário. Editora Saraiva, 2015.

NUNES, J. C. F. CUTRIM, M. A. M.; SOUSA JÚNIOR, A. S.; MAIA, J. S.; CORRÊA, A. S. Proposta de implementação de um plano de manutenção preventiva de uma prensa enfardadeira: o caso de uma empresa do ramo de reciclagem. In: **v. 2, n. 2: II Simpósio Nacional de Engenharia de Produção**. 2021.

PIRES, A. B. R. **Proposta de um plano de manutenção preventiva de moinhos horizontais por via úmida utilizados em uma indústria química**. 2022. 52 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2022.

RELKAR, A. S. Risk analysis of equipment failure through failure mode and effect analysis and fault tree analysis. **Journal of Failure Analysis and Prevention**, v. 21, p. 793-805, 2021.

ROZA, S. C.; PEREIRA, R. M. Planejamento e controle da manutenção: estudo de caso em uma empresa do setor têxtil de confecção da região serrana do estado do Rio de Janeiro. **Revista de ciência, tecnologia e inovação**, v. 4, n. 6, 2020.

SANTOS, R. D. L. S.; ARAÚJO, A. V. C.; PINA, A. J. S.; CORRÊA, B. S. S.; ROCHA, M. P. C.; FARIAS, V. J. C. Gerenciamento de Manutenção Industrial com a Metodologia Business Intelligence. **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 10, n. 1, 2023.

SHIPLEY, R. J.; MILLER, B. A.; PARRINGTON, R. J. Introduction to failure analysis and prevention. **Journal of Failure Analysis and Prevention**, v. 22, n. 1, p. 9-41, 2022.

SILVA, N. J. **Estudo da situação e proposta de uma política de manutenção otimizada para indústrias têxteis na região de Americana**. 2001. Dissertação (Graduação em engenharia de produção) - Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEPD, Santa Bárbara D'oeste, 2001.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**, 8ª edição. Grupo GEN, 2018.

SOUZA, M. R.; SANTOS, E. A. F.; CASTILHO, A. C. B.; FILHO, F. C. V. Proposta de melhoria em uma facção de costura industrial por meio da aplicação de controles da qualidade. **Uningá Review**, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 75–92, 2017.

STRAMARKOU, M.; TZEIANNAKIS, L.; CHRISTOFORIDI, E.; KROKIDA, M. Use of Electrospinning for Sustainable Production of Nanofibers: A Comparative Assessment of Smart Textiles-Related Applications. **Polymers**, v. 16, n. 4, p. 514, 2024.

TEIXEIRA, L. C.; SILVA, S. L.; SILVA, E. P. Aplicação da ferramenta FMEA em uma Indústria Têxtil de Pequeno Porte. In: **XXXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Santos, São Paulo, Brasil, 15 a 18 de outubro de 2019.

TEIXEIRA, M. F. C. **Diagnóstico da gestão da manutenção em micro e pequenas empresas de confecção da cidade de Apucarana - Paraná**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Têxtil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Apucarana, 2023. Disponível em: <<https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/33572>>. Acesso em: 05 jun. 2025.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção**. Itajubá: Unifei, 2012.

VASCONCELLOS, L. H. R.; SAMPAIO, M.; FONSECA, H. Pull Production Implementation: An Action Research Study. **Revista de Administração Contemporânea**, v. 26, n. 06, p. e210151, 2022.

VENANZI, D.; MOTA JUNIOR, V. D.; RENÓ, C. G.; KIENER, A. C.; HASEGAWA, H. L. Estudo de caso em uma empresa de confecção: aplicação de ferramenta da qualidade: Aplicação de ferramentas da Qualidade. **South American Development Society Journal**, [S. l.], v. 5, n. 15, p. 192, 2020.

VIEIRA, N. S. **Impactos da gestão da manutenção como ferramenta estratégica na indústria**. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) - Centro Universitário de Alagoinhas, Bahia, 2021.

WANG, Y.; DENG, C.; WU, J.; WANG, Y.; XIONG, Y. A corrective maintenance scheme for engineering equipment. **Engineering Failure Analysis**, v. 36, p. 269-283, 2014.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva: o caminho para eliminar falhas nos equipamentos e aumentar a produtividade**. Belo Horizonte: Editora DG, 1998.

ZARO, E. M.; WEBBER, C. G. Estudo de caso de desenvolvimento de sistema para manutenção preditiva 4.0. **Revista Produção Online**, v. 22, n. 3, p. 3418-3340, 2022.

ZHANG, Z.; TANG, Q.; CHICA, M. Maintenance costs and makespan minimization for assembly permutation flow shop scheduling by considering preventive and corrective maintenance. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 59, p. 549-564, 2021.

ZONTA, T. COSTA, C. A.; RIGHI, R. R.; LIMA, M. J.; TRINDADE, E. S.; LI, G. P. Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review. **Computers & Industrial Engineering**, v. 150, p. 106889, 2020.

Biografia do(s) autor(es)

Willon José Trindade Filho

Bacharel em Engenharia de Produção (2024) pela Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) e, atualmente cursando o Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Atualmente, desenvolve, integralmente atividades de pesquisa no grupo CREATION, da UFRN, estudando sobre a produção de aço verde, facilitada pelo uso de hidrogênio verde e obtido através da utilização de uma fonte de energia renovável (eólica offshore). Afinidades e interesses concentram-se

em áreas que incluem sustentabilidade, gestão ambiental, estratégia competitiva das organizações, gestão da qualidade, gestão de serviços, planejamento e controle da produção, e gestão de projetos.

Almira de Azevedo da Silva Neta

Bacharel em Engenharia de Produção (2024) pela Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) e também bacharel em Ciência e Tecnologia pela mesma instituição (2021).

Felipe Jordão de Melo Oliveira

Bacharel em Engenharia de Produção (2024) pela Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) e também bacharel em Ciência e Tecnologia pela mesma instituição.

Valéria Martins Oliveira da Silva

Bacharel em Engenharia de Produção (2024) pela Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) e também bacharel em Ciência e Tecnologia pela mesma instituição.

Thyago de Melo Duarte Borges

Professor efetivo do curso de Engenharia de Produção na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA/Campus Angicos), responsável pelas disciplinas de Engenharia de Métodos e Processos e Gestão Ambiental. Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Engenharia de Produção pela UFRN, na área de Construção Enxuta, e Doutor em Engenharia de Produção, na área de Produção mais Limpa (P+L), pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Realizou parte da sua pesquisa de doutorado na Université de Sherbrooke/Canadá a partir de uma bolsa de estudos concedida pelo PFLA (Programme des Futurs Leaders dans les Amériques). Atualmente está vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Administração (UFERSA/Campus Mossoró), orientando pesquisas na área de Planejamento Logístico Sustentável (PLS) em Instituições de Ensino Superior (IES). Além disso, está realizando um pós-doutorado na Universidade de São Paulo (USP- EESC) desenvolvendo uma pesquisa na área de RoadMap para Bioeconomia Circular. Também desenvolve pesquisas na temática de práticas ambientais no Planejamento e Controle da Produção.

Priscila da Cunha Jacome Vidal

Doutora em Engenharia de Petróleo pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências e Engenharia de Petróleo da UFRN. Mestre em Engenharia de Produção pelo Departamento de Pós-Graduação de Engenharia de Produção da UFPE. Engenheira de Produção pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Atualmente, Professora adjunta da UFERSA do curso de Engenharia de Produção (2014 - atual). Principais áreas de atuação incluem: Descomissionamento de plataformas offshore de petróleo e gás, análise de decisão, programação matemática, simulação da produção, segurança do trabalho.

Luciana Torres Correia de Mello

Possui Doutorado pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), Mestrado pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) e Graduação em Engenharia de Produção (UFRN). É Professora Adjunta do Departamento de Engenharias da Universidade

Federal Rural do Semiárido desde 2018, atuando nas áreas de Planejamento e Controle de Operações e Serviços.



Artigo recebido em: 14/02/2025 e aceito para publicação em: 27/06/2025

DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v26i1.5570>