



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA

RAFAEL DE SOUZA LEANDRO

**ANÁLISE CRÍTICA DOS PONTOS DA MANUTENÇÃO NO PROCESSO DE
INJEÇÃO DE TERMO PLÁSTICO: ESTUDO DE CASO NA EMPRESA PHX
COM PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA
OPERACIONAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

JOÃO PESSOA

2026

RAFAEL DE SOUZA LEANDRO

**ANÁLISE CRÍTICA DOS PONTOS DA MANUTENÇÃO NO PROCESSO DE
INJEÇÃO DE TERMO PLÁSTICO: ESTUDO DE CASO NA EMPRESA PHX COM
PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA
OPERACIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado à Coordenação do curso de **Engenharia de Produção Mecânica** da Universidade Federal da Paraíba para o título de **Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica**.

Orientador: Profº. Me. Jailson Ribeiro de Oliveira.

JOÃO PESSOA – PB

2026

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

L437a Leandro, Rafael de Souza.

ANÁLISE CRÍTICA DOS PONTOS DA MANUTENÇÃO NO PROCESSO DE INJEÇÃO DE TERMO PLÁSTICO: ESTUDO DE CASO NA EMPRESA PHX COM PROPOSTA DE INTERVENÇÃO PARA MELHORIA DA EFICIÊNCIA OPERACIONAL / Rafael de Souza Leandro. - João Pessoa, 2026.

61 f. : il.

Orientação: Jailson Ribeiro de Oliveira.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Injeção de termoplástico; Manutenção industrial;
OE. I. Oliveira, Jailson Ribeiro de. II. Título.

UFPB/BSCT

CDU 658.5(043.2)

Rafael de Souza Leandro

Análise crítica dos pontos de manutenção no processo de injeção de termoplástico: estudo de caso na empresa PHX com proposta de intervenção para melhoria da eficiência operacional

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à Coordenação do Curso de Engenharia de Produção Mecânica, defendido em **24/03/2026**, obtendo o conceito **APROVADO**, sob avaliação da banca examinadora a seguir:

Documento assinado digitalmente
 **JAILSON RIBEIRO DE OLIVEIRA**
Data: 09/04/2026 00:06:02-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Jailson Ribeiro de Oliveira – Orientador - DEP/CT/UFPB

Documento assinado digitalmente
 **JONAS ALVES DE PAIVA**
Data: 09/04/2026 00:26:07-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jonas Alves de Paiva – Examinador 1 – DEP/CT/UFPB

Documento assinado digitalmente
 **DARLAN AZEVEDO PEREIRA**
Data: 09/04/2026 07:42:31-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Darlan Azevedo Pereira – Examinador 2 – DEP/C/UFPB

João Pessoa, 24 de março de 2026.

Dedico esse trabalho de Conclusão de curso
a Deus e aos meus pais, irmãs, esposa e filha que
me acompanharam durante toda essa jornada.

AGRADECIMENTO

À Deus que me deu força e saúde para superar todos os momentos de dificuldades durante a jornada acadêmica.

Em especial a minha mãe, irmãs, esposa e filha, por terem concedido todo o apoio e incentivo durante os anos de faculdade.

Aos docentes agradeço por todo o conhecimento fornecido durante a graduação.

—Viver é enfrentar um problema atrás do outro.
O modo como você o encara é que faz a diferença.”

Benjamin Franklin

LEANDRO, Rafael de Souza. **Análise dos pontos críticos do processo de injeção de termoplástico de utensílios domésticos na visão da manutenção, com proposta de intervenção.** 2023 (Bacharelado em Engenharia Mecânica). UFPB/CT, Campus I, João Pessoa – PB.

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo analisar os pontos críticos do processo de injeção de termoplástico no setor produtivo da empresa PHX, sob a ótica da manutenção industrial, identificando suas principais falhas, gargalos operacionais e oportunidades de melhoria. A investigação foi conduzida a partir de um estudo de caso, utilizando observação participante, levantamento documental, aplicação de indicadores de manutenção e análise do desempenho das máquinas por meio do índice OEE (Eficiência Global dos Equipamentos). A escolha pelo setor de injeção se justifica pela sua relevância estratégica dentro do fluxo produtivo, visto que eventuais falhas nesse estágio impactam diretamente a disponibilidade dos equipamentos, a qualidade das peças produzidas e o cumprimento das metas de produção. Os dados coletados evidenciaram que o processo de injeção opera em contexto de elevada complexidade técnica, dependente de variáveis essenciais como temperatura, pressão, tempo de resfriamento, qualidade da matéria-prima e estado dos moldes. O diagnóstico apontou predominância de falhas hidráulicas, elétricas e térmicas, além de desgaste prematuro dos moldes, lubrificação insuficiente, paradas não programadas e setup excessivo durante as trocas de moldes. A predominância de ações corretivas e a falta de padronização de rotinas de inspeção e limpeza contribuíram para a queda de disponibilidade e aumento dos custos operacionais. A análise do OEE mostrou que a PHX não atinge níveis considerados satisfatórios, especialmente nos pilares de disponibilidade e performance. Com base nesses resultados, a pesquisa propôs um conjunto de intervenções alinhadas aos princípios da Manutenção Produtiva Total (TPM), da manutenção preventiva e preditiva, e das boas práticas de gestão de ativos. Entre as ações sugeridas destacam-se: implantação de um plano estruturado de manutenção preventiva, uso de sensores para monitoramento de condição (temperatura, vibração e pressão), criação de checklists operacionais, padronização da lubrificação, adoção de planilhas de controle de falhas, implementação de dashboards de OEE e treinamento contínuo dos operadores para fortalecimento da manutenção autônoma. Além disso, sugeriu-se a integração entre manutenção, produção e PCP para garantir alinhamento de prioridades e redução de paradas não programadas. Conclui-se que a adoção dessas medidas tem potencial para elevar significativamente a confiabilidade das injetoras, otimizar o fluxo produtivo e reduzir custos com falhas recorrentes. O estudo demonstra que o setor de injeção, quando gerido de forma preventiva e integrada, torna-se mais eficiente, previsível e competitivo, contribuindo diretamente para a sustentabilidade operacional da empresa.

Palavras-chave: Injeção de termoplástico; Manutenção industrial; OEE; Falhas operacionais; TPM.

LEANDRO, Rafael de Souza. **Analysis of the critical points of the thermoplastic injection process of domestic utensils from the point of view of maintenance**, with an intervention proposal. 2023..... (Bachelor of Mechanical Engineering). UFPB/CT, Campus I, João Pessoa – PB.

ABSTRACT

This research aimed to analyze the critical points of the thermoplastic injection process in the production sector of PHX, focusing on maintenance management and identifying the main failures, operational bottlenecks, and opportunities for improvement. The investigation was conducted through a case study, using participant observation, document analysis, maintenance indicators, and equipment performance evaluation based on the Overall Equipment Effectiveness (OEE) index. The injection sector was chosen due to its strategic relevance within the production flow, as failures in this stage directly affect equipment availability, product quality, and the achievement of production targets. The data collected revealed that the injection process operates within a high technical complexity environment, depending on essential variables such as temperature, pressure, cooling time, raw material quality, and mold conditions. The diagnosis showed the predominance of hydraulic, electrical, and thermal failures, premature mold wear, insufficient lubrication, unplanned downtime, and excessive setup time during mold changes. The prevalence of corrective actions and the lack of standardized routines for inspection and cleaning contributed to reduced availability and increased operational costs. The OEE analysis indicated that PHX does not reach satisfactory levels, especially in availability and performance. Based on these findings, the study proposed a set of interventions aligned with the principles of Total Productive Maintenance (TPM), preventive and predictive maintenance practices, and modern asset management standards. Suggested actions include the implementation of a structured preventive maintenance plan, the use of condition-monitoring sensors (temperature, vibration, pressure), creation of operational checklists, standardized lubrication routines, failure control spreadsheets, deployment of real-time OEE dashboards, and continuous training of operators to strengthen autonomous maintenance. Moreover, the study highlights the need for greater integration among maintenance, production, and planning departments to ensure aligned priorities and reduce unplanned stoppages. It is concluded that adopting these measures has the potential to significantly increase the reliability of injection machines, optimize the production flow, and reduce costs related to recurrent failures. The research demonstrates that the injection sector, when managed preventively and collaboratively, becomes more efficient, predictable, and competitive, contributing directly to the company's operational sustainability.

Keywords: Thermoplastic injection; Industrial maintenance; OEE; Operational failures; TPM.

SUMÁRIO

<u>1. INTRODUÇÃO</u>	11
<u>1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA</u>	11
<u>1.2 OBJETIVOS</u>	13
<u>1.2.1 Objetivo geral do trabalho</u>	13
<u>1.2.2 Objetivos específicos do trabalho</u>	13
<u>1.3 JUSTIFICATIVAS</u>	13
<u>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</u>	16
<u>2.2 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO</u>	17
<u>2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO</u>	19
<u>2.4 OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO</u>	21
<u>2.5 INDICADORES DE MANUTENÇÃO</u>	21
<u>2.5.1 MTTR e MTBF</u>	21
<u>2.5.2 CONFIABILIDADE</u>	23
<u>2.5.3 DISPONIBILIDADE INERENTE</u>	23
<u>3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</u>	25
<u>3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA</u>	25
<u>3.2 CAMPO DE PESQUISA</u>	25
<u>3.3 DIAGNÓSTICO DA EMPRESA</u>	27
<u>3.4 SUJEITOS DA PESQUISA</u>	28
<u>3.5 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA</u>	29
<u>3.6 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS</u>	30
<u>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES</u>	32
<u>4.1 DIAGNÓSTICO DO SETOR DE INJEÇÃO</u>	32
<u>4.2 ANÁLISE DOS PONTOS CRÍTICOS DO PROCESSO DO SETOR DE INJEÇÃO</u>	42

<u>4.3 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO E MELHORIA</u>	48
<u>4.4 ANÁLISE ECONÔMICA E OPERACIONAL DA PROPOSTA</u>	51
<u>CONCLUSÃO</u>	55
<u>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</u>	56
<u>ANEXOS</u>	58

1. INTRODUÇÃO

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA E DO PROBLEMA

Atualmente a competição entre as empresas tem aumentado nos mercados internacional e nacional. Essa provocação dá-se origem a uma —pressão competitiva que direciona às empresas para a busca de mais eficiência nas suas operações e nos processos de gestão. Refere-se de fenômeno observado de modo marcante em Indústrias como a automotiva, a siderúrgica, a têxtil e de confecções, a eletroeletrônica, a de bens de consumo duráveis e a de transformados plásticos, entre outras (ANTUNES *et al.*, 2008).

O autor citado anteriormente ainda constata que historicamente foi nesses ramos industriais que se percebeu de modo mais claro a necessidade de desenvolver com regularidade novos produtos, cada vez mais complexos e com maior grau de diversificação. Deste modo, que ao longo do tempo passou sistematicamente a impactar outros tipos de Indústrias, as empresas foram compelidas a trabalhar simultaneamente várias dimensões da competição: custos, qualidade, tempo, flexibilidade e inovação.

Visto isso, a primeira ação foi apresentar o problema ao administrador e buscar uma possível solução, para sistematizar as etapas de manutenção das máquinas de molde de injeção de termoplásticos de utensílios domésticos na visão da manutenção, com proposta de intervenção, integrando as áreas da empresa.

Nos últimos anos, a manutenção deixou ser uma atividade de correção para se tornar um instrumento de gestão. Com o mercado competitivo, gerenciar a manutenção de forma eficaz traz, dentre seus benefícios, oportunidades de redução de custos e melhorias de produtividade e qualidade. É um desafio para as pequenas e médias empresas emergir novas técnicas organizacionais e desenvolver sistemas de gerenciamento eficientes e suficientemente fortes para os padrões estabelecidos pela nova formação econômica da sociedade (Amasaka, 2007 apud Moreira, 2011).

Segundo Costa (2001), a interpretação dos fluxos de processo e funcionamento do setor de manutenção de uma empresa é aconselhada, ou seja, antes de tomar qualquer decisão precipitada. Pontuar a situação da empresa, no que diz respeito à organização e gestão atual da sua manutenção e quais os objetivos a seguir são precisamente pontos críticos para que não se corram sérios riscos de incompatibilizar os procedimentos formais internos com os exigidos pelo programa de diagnóstico.

De acordo com Hartmann (1992), a Manutenção Produtiva Total combina a prática americana de Manutenção preventiva com os conceitos japoneses de Controle de Qualidade Total e total envolvimento dos empregados. O resultado é um sistema inovador para acompanhamento e manutenção de equipamentos que aperfeiçoa a eficiência, elimina quebras, e promove a manutenção autônoma do operador nas atividades diárias.

Como sabemos em muitas empresas algumas máquinas podem apresentar problemas, assim parando o processo produtivo da empresa. Dessa forma, o processo produtivo da empresa só ficou parado durante o período de manutenção, e posteriormente retorna com maior eficiência e eficácia.

Ainda segundo Hartmann (1992), o TPM integra 5 elementos (pilares) em um processo de melhoria contínua que utiliza o potencial das pessoas de todos os níveis de uma organização.

O primeiro pilar, Atividades de Pequenos Grupos, é o que estabelece o elo entre todos os outros elementos. Uma vez que as atividades de pequenos grupos estejam em andamento, o próprio grupo providenciará melhorias e informações aos demais elementos.

Os moldes são a parte ferramental das máquinas injetoras. Eles desempenham um papel central na qualidade do produto final e, conseqüentemente, no crescimento da empresa. É preciso reforçar práticas que ajudem a aumentar essa durabilidade para que os custos da produção sejam menores, sem perda de qualidade.

Com um ritmo de trabalho intenso e variações bruscas de temperatura, a manutenção é um ponto essencial. O plano de manutenção fundamentado em planejamento e diagnóstico de acompanhamento, para detectar possíveis falhas antes que elas ocorram e não tenha surpresas de interromper a produção nos momentos mais críticos.

A manutenção preventiva é, certamente, uma medida que contribui para aumentar a durabilidade dos moldes de injeção. Manter os pontos necessários lubrificados, e evitar danos provocados pela condensação decorrentes de variações de temperatura são algumas medidas básicas...

Definido todos os parâmetros básicos para o desenvolvimento do sistema, nos resta projetar modelos de avaliação para a interface do sistema.

As atividades de pequenos grupos são descritas em Sete Passos: Limpar e inspecionar; Procedimentos de lubrificação, Segurança no Trabalho e Limpeza; Eliminar fontes de contaminação; Treinamento e inspeção geral; Atividades de Pequenos Grupos – Inspeção e Procedimentos; Organização e Housekeeping do local de trabalho; Gerenciamento dos equipamentos pelos Pequenos Grupos.

Administração de novos equipamentos: O segundo pilar do TPM é a administração de novos equipamentos. Este é um processo que minimiza os custos dos equipamentos durante seu ciclo de vida ainda na fase de projeto. A administração de novos equipamentos impede a repetição dos erros existentes nas máquinas e equipamentos existentes através do feedback dos Pequenos Grupos.

Realização da Manutenção Planejada: O terceiro pilar do TPM é realizar manutenção planejada. O TPM busca concentrar as atividades no pessoal especializado em um nível avançado de tarefas como, por exemplo, na manutenção preditiva. Além das atividades relacionadas à manutenção preventiva e preditiva, este pessoal deverá passar o conhecimento técnico dos equipamentos aos operadores e fornecer dados técnicos aos engenheiros para melhoria da confiabilidade e manutenibilidade dos equipamentos e outras melhorias da tecnologia de manutenção.

Treinamento em Operações e Manutenção: O quarto pilar do TPM é o Treinamento em Operações e Manutenção. O treinamento no TPM é fundamental e fornece a cada empregado o aumento de conhecimento necessário para melhor desempenhar suas tarefas. As necessidades adicionais de treinamento serão definidas pelos próprios Pequenos Grupos no decorrer de suas atividades.

Melhorar a eficácia dos Equipamentos: Melhorar a eficácia do equipamento significa continuamente melhorar e maximizar o valor do capital ativo da organização e este é o objetivo do quinto pilar do TPM. Para maximizar este valor, o equipamento deve ser operacional e estar disponível para operar, produzir produtos de qualidade e em volume suficiente.

A forma de manutenção convencional está focalizada nas quebras inesperadas e significantes, assim como nos defeitos visíveis dos equipamentos. O TPM enfatiza as pequenas quebras e perdas de velocidade causadas por defeitos latentes. Identificar estes defeitos latentes é o primeiro e mais difícil passo na eliminação das quebras e para isto, o equipamento deve ser inspecionado a intervalos regulares e as ações de manutenção corretiva devem ser tomadas assim que detectadas pela inspeção.

Segundo Nakajima (1988), a melhoria na eficácia dos equipamentos pode ser medida através do Overall Equipment Effectiveness - OEE que utiliza a classificação das Sete Grandes Perdas na priorização dos problemas a serem solucionados.

O objetivo do estudo é regional, com aproximado duas décadas de atuação no mercado, sendo composta por aproximadamente 100 funcionarios. O processo produtivo de injeção apresenta contínuas interrupções por varios motivos, causando repercussão na produtividade.

Problema:

Quais os fatores determinantes redução da eficiência global dos equipamentos no processo de injeção de termoplástico e como alavancar o desempenho da fábrica a partir de projeto de melhoria?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral do trabalho

Diante desse contexto, a presente pesquisa visa responder aos seguintes problemas: Quais variáveis que influenciam a produtividade do processo de injeção de termoplástico.

Analisar os pontos críticos do processo de injeção de termoplástico e como o projeto de melhoria com a proposta de intervenção na manutenção pode alavancar a eficiência global dos equipamentos?

1.2.2 Objetivos específicos do trabalho

- Levantar os impactos das falhas quanto na visão da manutenção;
- Abordar a situação das atividades, máquinas e ocorrências de paradas, visando à mensuração do índice de utilização/disponibilidade no processo de injeção na visão da manutenção;
- Estratificar e quantificar as ocorrências de paradas, visando à mensuração do índice de eficiência/desempenho.
- Visualizar dos dados e informações gerados, elaborar proposta de melhoria da gestão de falhas de maneira redução no impacto no processo.

1.3 JUSTIFICATIVAS

A realização desse estudo é de grande importância por identificar oportunidades de melhoria da área de manutenção da empresa. Considerando a relevância de se analisar os aspectos da organização gerencial de máquinas e equipamentos para progresso do potencial competitivo de uma empresa; decidiu-se fazer da gestão da manutenção um objeto de estudo.

Segundo Monchy (1987), a manutenção dos equipamentos de produção é um elemento

chave tanto para a produtividade das empresas quanto para a qualidade dos produtos. É um

desafio industrial que implica rediscutir as estruturas atuais inertes e promover métodos adaptados à nova natureza dos materiais.

A equipe do sistema de modo eficiente e prática visa buscar o aprimoramento em virtude da grande competitividade existente no mercado, além do aprendizado e aperfeiçoamento do assunto que contribuem para o crescimento profissional no âmbito industrial. Pode-se perceber a implementação parcial nas empresas de pequeno porte, assim como visualiza-la a partir da aplicação do diagnóstico do estado da manutenção de máquinas injeção de termoplástico na empresa. Um dos assuntos de controle pode ser a ação do engenheiro mecânico nas pequenas empresas gerando uma tendência a aplicação parcial.

Xenos (1998) explica que num sentido restrito, as atividades de manutenção estão limitadas ao retorno de um equipamento às suas condições originais. Enquanto, em um sentido mais amplo, as atividades de manutenção também devem envolver a modificação das condições originais através da introdução de melhorias para evitar a ocorrência ou incidência de falhas, reduzir o custo e aumentar a produtividade.

Buscar favorecer a empresa com este estudo através da proposta de um exemplo de gestão e ferramentas que aumente sua produtividade. Colocando na prática, conceitos estudados ao longo do curso em EPM. Pois a referida empresa do estudo sofre grande cobranças para aumentar a produtividade, disponibilidade e confiabilidade dos seus ativos, assim, reduzir desperdícios, e com consequência, reduzir seus custos. A necessidade de maximizar a eficiência do sistema produtivo, buscando ganhos financeiros, operacionais e de produtividade, fizeram com que a empresa apostasse na metodologia TPM.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O seguinte capítulo abordará uma revisão bibliográfica dos conceitos e temas aplicados a pesquisa, com o intuito de promover um melhor entendimento sobre os assuntos abordados. Especificamente, os principais tópicos discutidos estão relacionados ao modelo de negócio, história da manutenção, tipos de manutenção, objetivos da manutenção, indicadores da manutenção, mtr e mtbf, confiabilidade, disponibilidade inerente.

2.1 O MODELO DE NEGÓCIO

A estratégia da empresa é manter relacionamento com seus clientes, analisando pontualmente as necessidades relacionadas à manutenção de máquinas termoplástica. A partir do diagnóstico será realizado um planejamento para a formulação do produto do cliente. Por se tratar de um serviço de manutenção, ou seja, contínuo, quer seja na modalidade corretiva ou preventiva, a execução compõe um mesmo processo ao controle dos serviços. A fase final do produto consiste em avaliar os valores, e então evidenciar a redução dos custos operacionais do cliente.

Ajuda com precificação, busca de fornecedores, artes em vetor com os desenhos de corte e aproveitamento de chapas, são apenas alguns itens de nosso plano de negócios.

Segundo Biagio e Batocchio (2005) a vantagem competitiva não pode ser compreendida pela análise da empresa como um todo, mas origina-se a partir do processo de operação do negócio, ou seja, no fornecimento dos serviços aos seus clientes.

Diversas metodologias foram desenvolvidas para auxiliar os engenheiros no processo de desenvolvimento de produto. Existem modelos que inicialmente focavam-se mais nos processos relacionados à engenharia (projeto, estrutural, processos produtivos, matéria-prima, qualidade, fábrica etc.), outros voltados aos processos relacionados somente com a parte de marketing ou comercial/vendas.

O surgimento do mercado global e as exigências crescentes da demanda em termos de qualidade e especificidade conduziram as empresas a uma política de inovação de produto que implica a inovação do próprio negócio - o product-based business de alguns autores. Em outras palavras, a gestão da linha de produtos incorpora a inovação como diretriz permanente e em torno dela se estrutura o negócio da empresa. Isso não significa necessariamente uma busca da

invenção, mas significa procurar novas e melhores maneiras de atender as necessidades dos clientes.

Devido à natureza do público-alvo, a publicidade fica bastante restrita, sendo as vias comuns (como televisão, outdoors, redes sociais, etc) ineficazes para atingir os clientes. Naturalmente, a empresa possuirá um site em que ficarão expostos todos os serviços oferecidos voltados ao ambiente empresarial, com destaque para o retorno que nosso serviço pode ter ao ser comprado e para a forma que a mesma compreenda os relacionamentos com os clientes. Também se utilizará de redes sociais, mas diferente das comuns (facebook, twitter, instagram) que abrange o público em geral, foi escolhida uma rede social mais formal, voltada para o mercado, a LinkedIn. Outra estratégia promocional será a participação em eventos e feiras do ramo.

O plano de negócios tem como finalidade expor todos os riscos que um empreendedor terá que correr ao se jogar no mundo dos negócios. É uma ferramenta essencial para qualquer projeto que venha a ser debatido. Ao expor os riscos, o plano de negócio se torna um objeto que traz um norte ao empreendedor e o auxilia a conseguir ir pelo caminho menos arriscado. Ao terminar esse plano de negócios, é exposto que uma ampliação no leque de serviços.

A dinamicidade do setor de manutenção torna este desafio mais atrativo. Entrar no ramo não é fácil, porém a empresa já está estabelecida há alguns anos e tem a confiança dos clientes. A aplicação deste plano terá uma análise anterior por parte do gestor e análise do mercado futuro. Obviamente, não é possível garantir a aplicação de forma completa e perfeita, pois o mercado em si é mutável e coisas acontecem do dia para a noite.

2.2 HISTÓRIA DA MANUTENÇÃO

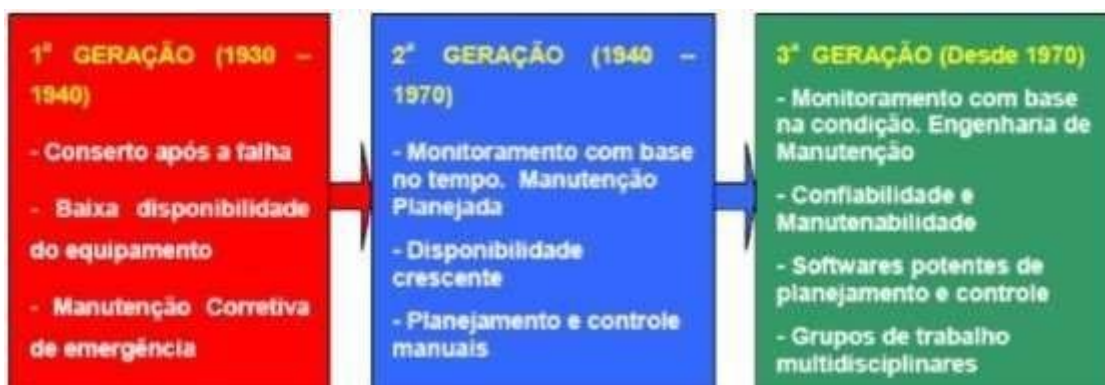
A história da manutenção mecânica acompanha o desenvolvimento técnico industrial da humanidade, no fim do século XIX, com a mecanização das indústrias surgiu a necessidade dos primeiros reparos. No princípio a manutenção tinha importância secundária e era executada pelo próprio efetivo de operação, a partir daí, tornou-se fundamental ao homem, contribuindo decisivamente para o seu desenvolvimento, com o advento das duas grandes guerras mundiais as indústrias passaram a estabelecer programas mínimos de produção.

Consequentemente, sentiu-se a necessidade de criar equipes capazes de solucionar os problemas apresentados pelas máquinas, no menor tempo possível, e de desenvolver métodos de manutenção que reduzissem a ocorrência desses problemas. Atualmente com o grande

avanço da tecnologia verifica-se o surgimento de máquinas cada vez mais sofisticado em todos os setores produtivos da economia mundial, e é neste ponto que a manutenção assume um papel de primeira grandeza entre os serviços essenciais que determinam o sucesso das empresas que desenvolvem atividades mecanizadas (FONTES., p.280).

A evolução da Manutenção pode ser dividida em três gerações, conforme mostra a Figura 1 a seguir.

Figura 1: Gerações da evolução da Manutenção



Fonte: Moraes (2024)

MORAES (2004) enfatiza que as geração da manutenção são descritas, conforme a seguir: 1ª geração iniciada em 1930 e finalizada em 1940 é definida pelo reparo após acontecer

à falha ou manutenção emergencial; 2ª geração iniciada em 1940 e finalizada em 1970 é definida pela disponibilidade ascendente com maior vida útil dos equipamentos, pelas intervenções preventivas fundamentadas no tempo de uso após a última intervenção, pelo custo elevado de manutenção quando comparado aos benefícios, pelos sistemas manuais de planejamento e registro das tarefas e ocorrências de manutenção e posteriormente pelo início do uso de computadores grandes e lentos para execução dessas tarefas;

3ª geração a partir de 1970 é caracterizada pelo significativo aumento da disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, pela melhoria na relação entre o custo e o benefício da manutenção, pelas intervenções nos equipamentos baseadas na análise da condição e no risco da falha, pela melhor qualidade dos produtos, pelo controle dos riscos para a segurança e saúde do trabalhador, pela preocupação com o meio ambiente, por computadores portáteis e rápidos com potentes softwares para intervenções e gerenciamento da manutenção, além do surgimento dos grupos de trabalho multidisciplinares.

2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

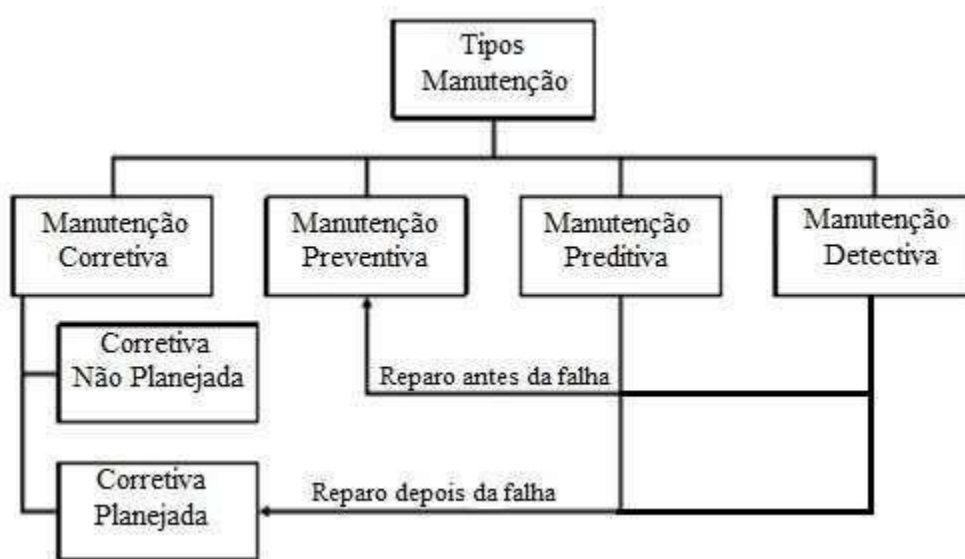
Tipos de manutenção são maneiras de direcionar as intervenções nos equipamentos de produção, ou seja, nas máquinas que fazem a composição de uma determinada planta. Neste sentido, no critério considerado como modos de intervir nos instrumentos, deixa em evidencia a existência de um consenso, salvo algumas variações irrelevantes de acordo com os tipos de manutenção (VIANA, 2002).

Existem vários tipos de manutenção, que se baseiam de acordo com as intervenções feitas nos equipamentos de produção. Decorrente da forma em que a manutenção é executada pode ser classificada como: corretiva (não planejada ou planejada), preventiva, preditiva e detectiva. Elas visam conservar, adequar, restaurar, substituir e prevenir os equipamentos de forma que venham alcançar os objetivos da função (VIANA, 2002).

Kardec e Nascif (2001) citam a Engenharia de Manutenção como um tipo de manutenção.

Os tipos de manutenção mais comuns estão representados na Figura 2, a seguir:

Figura 2- Tipos de Manutenção



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Pereira (2009) destaca que os tipos de manutenção fazem parte do processo de Gestão da Manutenção. As definições para os tipos de manutenção são:

Manutenção corretiva é definida como a ação para corrigir falhas momentâneas ou para correção do desempenho menor que o esperado, originada da palavra corrigir, pode ser dividida em duas fases: manutenção corretiva não planejada e manutenção corretiva planejada (OTANI; MACHADO, 2008).

Manutenção Corretiva Não Planejada: A ABNT (1994) na sua norma NBR 5462 a define como a manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida.

Manutenção Corretiva Planejada: Para Kardec e Nascif (2001) é a correção do desempenho menor do que o esperado ou da falha, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função do acompanhamento da condição, ou pela decisão de operar até a quebra.

Manutenção preventiva tem a missão de fazer com que a falha no equipamento não ocorra. Ela é realizada nos equipamentos em boas condições, isto é, nos que ainda não aconteceu a falha. Nesse modo, pode ocorrer duas situações diferentes, sendo a primeira ao desativar o equipamento antes do tempo necessário para fazer a manutenção e a segunda situação seria a falha do equipamento, por um cálculo do período do tempo de reparo de forma errada (TROJAN et al., 2013).

Manutenção preventiva é um método de controle realizado para redução de falhas ou declínio no desempenho, através de um planejamento fundamentado em períodos estabelecidos de tempo. Uma das garantias de sucesso de uma boa preventiva está na determinação dos intervalos de tempo (OTANI; MACHADO, 2008).

Na manutenção preditiva o campo de atuação tem uma grande ampliação, sendo que em determinado equipamento ou instalação é possível anexar pelo menos um conceito de aplicação, as mais usuais e conhecidas são a análise de vibração, ferrografia, termografia, ultrassom e análise de pressões (LIMA; ARANTES, 2008).

É a realização de algumas atividades de acompanhamento das variáveis ou parâmetros que informam o desempenho dos equipamentos, de modo sistemático, objetivando definir a necessidade ou não de intervenção (OTANI; MACHADO, 2008).

Para Arato Junior. (2004), a manutenção preventiva tem como característica básica o monitoramento de parâmetros que caracterizam o estado de funcionamento dos equipamentos, os métodos empregados envolvem técnicas e procedimentos de medida, acompanhamento e análise desses parâmetros. A Manutenção Preditiva também é denominada como Manutenção Preventiva baseada na condição.

Manutenção detectiva alguns equipamentos quando entram em funcionamento fazem uma auto verificação (*self-test*) e apontam se existe alguma anormalidade, isto também pode ocorrer durante o período de operação ou parada. A manutenção detectiva também pode ser definida como o modo de atuação efetuada em sistemas de proteção buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção (PASCHOAL, 2009).

Manutenção detectiva caracteriza-se pela atuação efetuada em sistemas de proteção ou comando, a fim de fazer a detecção de falhas invisíveis ou não perceptíveis aos sentidos do pessoal da operação e manutenção. (CHIOCHETTA *et al.*, 2004).

2.4 OBJETIVOS DA MANUTENÇÃO

Segundo SLACK *et al.*, (2002, p.644), a classificação da manutenção se dá pelos seguintes itens como objetivos:

- Redução de Custos: através da Manutenção Preventiva podem-se reduzir defeitos, impactando em menos ações corretivas, as quais têm valor de custo mais elevado que as ações de prevenção;
- Maior Qualidade de Produtos: equipamentos em estado perfeito de funcionamento garantem a qualidade dos produtos finais;
- Maior Segurança: setor produtivo limpo e em boas condições de operação propicia maior segurança, confiança e motivação aos trabalhadores;
- Melhor Ambiente de Trabalho: ambiente de trabalho limpo, seguro e organizado através de atividades da Manutenção Autônoma, melhoram o nível de trabalho dos funcionários;
- Desenvolvimento Profissional: o programa de Manutenção Produtiva Total desenvolve novas habilidades e também crescimento profissional aos trabalhadores pelo seu envolvimento direto nas decisões de aumento de produtividade da empresa;
- Maior vida útil dos equipamentos: o programa objetiva o aumento da vida útil dos equipamentos, através de ações de prevenção e melhorias específicas nos equipamentos;
- Maior confiabilidade dos Equipamentos: equipamentos bem cuidados têm intervalos de tempo maiores de uma falha para outra, o que resulta em maior disponibilidade e velocidade de produção;
- Instalações da Produção com maior valorização: instalações bem mantidas têm maior valor de mercado;
- Maior Poder de Investimento: a redução de custos obtida através da TPM tem relação direta com o aumento de investimentos, o que beneficia os acionistas, os funcionários e a comunidade ao entorno da empresa;
- Preservação do Meio Ambiente: com o bom regulamento das máquinas, advindo da TPM, há economia de recursos naturais e diminuição dos impactos ambientais.

Como elencado pelo autores, e face a abrangência dos objetivos, verificou-se uma relação direta da manutenção com a estratégia e produtividade da empresa.

2.5 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Os indicadores de manutenção, bem como os de performance ou desempenho, definem-se em um conjunto de informações que buscam medir e melhorar os processos, com o intuito de aumentar a eficiência e a produtividade de uma empresa. Normalmente conhecidos como KPI's, que em inglês significa *Key Performance Indicators*, eles propõem modelos que visam a prevenção e a resolução dos problemas mais diversificados que possam ocorrer no âmbito de uma organização (SANTOS, 2018).

2.5.1 MTTR e MTBF

MTTR (*Mean Time To Repair*), é definido como o tempo médio para reparos. Ele evidencia o tempo que a equipe de manutenção leva para a realização de reparo e disponibilização da máquina ou equipamento para o sistema de produção. Nesse período de tempo estão envolvidas todas as ações de reparo (ZEN, 2003).

O MTTR, tempo médio de reparo ou recuperação, é o tempo calculado até a reabilitação do sistema após ter ocorrido uma falha. Pode ser incluído o tempo que é gasto para detectar o problema, o tempo gasto até a chegada de um técnico nas instalações e o tempo que leva para reparação do sistema (SANTOS, 2014).

Fórmula para o cálculo do mttr:

$$MTTR = \frac{\text{Somatório dos tempos de reparo}}{\text{Número de intervenções realizadas}} \quad (\text{TELES, 2017}) \quad (1)$$

MTBF (*Mean Time Between Failure*) é dado como o tempo médio entre falhas, esse indicador faz o cálculo do tempo médio entre a ocorrência de uma falha e a próxima ocorrência, também representa o tempo de bom funcionamento da máquina ou equipamento (ZEN, 2003).

O MTBF faz parte de um modelo que visa assumir que o sistema falhou e será imediatamente reparado, sua definição depende da definição que considera um sistema de falha. As falhas são condições de projeto que põem o sistema fora de operação ou em um estado para o reparo (TELES, 2017).

A fórmula para o cálculo do mtbf é definida como:

$$MTBF = \frac{\text{Somatório de horas em bom funcionamento}}{\text{Número de paradas para manutenção corretiva}} \text{ (TELES, 2017)} \quad (2)$$

2.5.2 CONFIABILIDADE

A confiabilidade é dada como a probabilidade de que um equipamento ou uma máquina trabalhe corretamente em boas condições, durante um determinado período de tempo ou de ainda estar em condições de operar após um determinado período de funcionamento (ZEN, 2003).

$$R(t) = e^{-\lambda t} \text{ (TELES, 2017)} \quad (3)$$

2.5.3 DISPONIBILIDADE INERENTE

Disponibilidade é definida como a probabilidade de que um equipamento possa estar disponível para ser utilizado em um dado momento ou durante um certo período de tempo, a disponibilidade de equipamentos depende de fatores internos e externos (FABRO, 2003).

A disponibilidade é uma forma usada para avaliação do desempenho de equipamentos reparáveis, representando as particularidades de confiabilidade e manutenção de um componente ou sistema. Para a disponibilidade existe diferentes classificações e maneiras de calculá-las (TELES, 2017).

A classificação de disponibilidade é muito flexível baseando-se nos tipos de tempo de inatividade utilizados na indústria e na relação com o tempo, sendo o período de tempo a que se refere a disponibilidade. Sendo assim, há algumas classificações diferentes de disponibilidade como a disponibilidade instantânea (ou ponto), disponibilidade média de tempo de atividade (ou disponibilidade média), disponibilidade constante do estado, disponibilidade Inerente e disponibilidade operacional (TELES, 2017).

A disponibilidade inerente é uma disponibilidade de estado estável, para seu cálculo considera-se apenas o tempo de inatividade do equipamento por paradas de manutenção corretiva, com isso, os tempos de inatividade por manutenção preventiva, atrasos logísticos, atrasos de fornecimento ou por outros fatores são excluídos (TELES, 2017).

Fórmula para calcular a disponibilidade inerente:

$$\textit{Disponibilidade} = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \times 100 \text{ (TELES, 2017)} \quad (4)$$

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta os procedimentos metodológicos empregados no decorrer da elaboração deste trabalho, caracterizando a pesquisa, o campo pesquisado, os sujeitos, os procedimentos, as variáveis pesquisadas, a coleta e o tratamento dos dados.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

A classificação desta pesquisa foi realizada com base na definição de Silva e Menezes (2005), que classificam a pesquisa científica através de quatro pontos de vista: da natureza, da forma da abordagem, quanto aos objetivos, e quanto aos procedimentos técnicos.

Quanto à NATUREZA, a pesquisa pode ser classificada como aplicada, pois os resultados alcançados têm a finalidade de solucionar problemas práticos que foram encontrados no local do estudo.

Quanto à FORMA DE ABORDAGEM, é classificada como quantitativa, já que seu estudo de levantamento de dados é feito de forma estatística descritiva simples, utilizando-se de cálculos de médias ponderadas e aritméticas.

Quanto aos OBJETIVOS, é avaliada como exploratória e descritiva, devido a necessidade de consulta e entrevistas com os funcionários responsáveis pelas atividades analisadas e por também ser feito, durante a pesquisa, a caracterização das atividades e dos fenômenos observados.

Quanto aos PROCEDIMENTOS TÉCNICOS, a pesquisa é definida como um estudo de caso, e documental. É um estudo de caso já que busca entender os acontecimentos de alguns fenômenos em um único objeto, com a finalidade de detalhar este, e é documental já que se utiliza de histórico dos serviços realizados na empresa, sendo a fonte destes dados primária.

3.2 CAMPO DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada em uma empresa que atua no RAMO de utensílios plásticos domésticos na cidade de João Pessoa-PB, é uma Indústria genuinamente paraibana, referência no Nordeste do Brasil na reciclagem de materiais plásticos. Trata-se de uma empresa que atua nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil. Fundada em 2005, a empresa objeto de estudo é uma empresa de médio porte, consolidada no mercado, com uma produção mensal de mais de 350.000 unidades plásticas em polipropileno (PP) e polietileno (PE), que a partir de

procedimentos contínuos de desenvolvimento, com uso de máquinas de última geração, injetoras de alto padrão e materiais de alta qualidade se tornou uma das principais empresas do ramo.

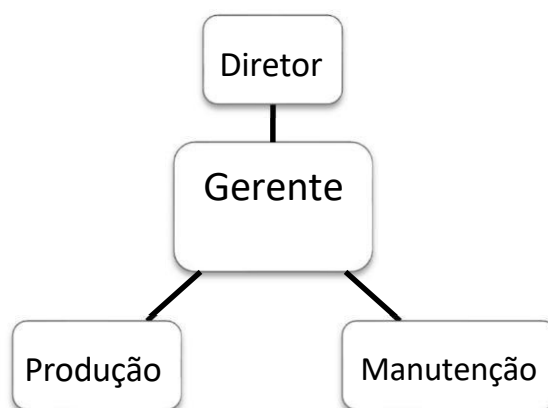
A PHX é referência na reciclagem de materiais plásticos no Nordeste. A fábrica cuida de todas as etapas da reciclagem desse tipo de material: desde o recebimento da matéria-prima, vinda de dezenas de cooperativas de catadores, até a separação, moagem e extrusão, transformando e reaproveitando cerca de 300 toneladas de plástico por mês.

Com tecnologia de ponta, nosso processo é desenvolvido visando o aproveitamento máximo do material, além de priorizar energias renováveis. São milhares de baldes, bacias, cestos, banquetas e cadeiras produzidas todo mês, com padrão de qualidade internacional, e reaproveitando materiais retirados das nossas ruas, aterros, mares, florestas e estradas.

Seu mix de produtos é bem variado e estão divididos em três categorias: LIMPEZA, tais como baldes, bacias, lixeiras e cestos de diversos tamanhos; MÓVEIS, como mesas, poltronas, cadeiras e banquetas; E ORGANIZADORES, como cabides, caixas, cesta de auto serviço e potes.

A empresa tem proximamente 100 funcionários, distribuídos entre os setores administrativo, produtivo, manutenção e de expedição e logística. A Figura 6 apresenta o organograma geral da empresa, uma ferramenta que nos auxilia na estruturação dos negócios, tornando os processos e funções desempenhadas pelos funcionários mais claros.

Figura 6- Organograma geral da empresa

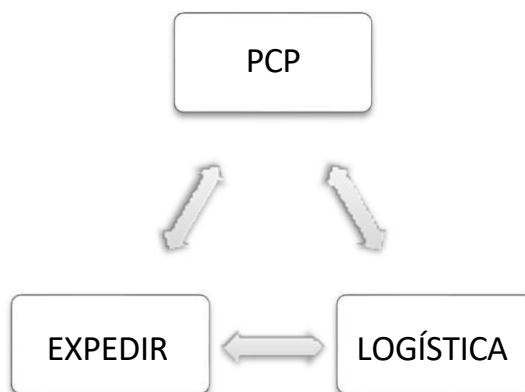


Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

O SETOR em que foi realizado o estudo foi o de **injeção**, na qual possui onze máquinas injetoras de alto padrão, responsável por injetar a matéria-prima em moldes, concebendo assim, o produto final. Este setor possui 24 funcionários. Entre eles, são: 01 supervisor, 03

encarregados de produção, 01 trocador de molde, 01 abastecedor, 01 movimentador e 17 operadores, que está representado no organograma setorial.

Figura 7-



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

Os serviços são demandados pelos clientes da empresa diretamente para o setor de expedição e logística. A partir da demanda recebida, é repassado a necessidade de produção para o setor de PCP e para a gerência, que a partir daí vai se desenvolver a programação da produção. Com o programa em mãos, o setor de produção entra em ação para cumprir com o programa.

Os funcionários que atuam no setor de produção, além de buscar cumprir o programa estabelecido pelo PCP, tentam realizar o planejamento de forma otimizada: o supervisor define os objetivos de desempenho e prazos, sempre observando o planejamento da empresa, como também monitora a produtividade dos funcionários a fim de oferecer *feedbacks* construtivos; os encarregados de produção prepara e ajusta as máquinas, acompanha e fiscaliza os serviços da equipe, verificando o desempenho e controlando a utilização e manutenção de equipamentos e materiais; o trocador de molde, como o próprio nome já diz, troca os moldes das injetoras, que na maioria das vezes são realizados fora de turno; o abastecedor busca a matéria prima extrusada e encaminha até as injetoras; o movimentador organiza e encaminha o produto final para o setor de expedição e logística; por fim e não menos importante, os operadores atua na operação, preparação e ajustes finais das máquinas, a fim de cumprir todo o planejamento da forma mais eficiente.

3.3 DIAGNÓSTICO DA EMPRESA

Estudo realizado destaca-se a necessidade da execução de manutenção em modos de injeção para sua conservação e valorização procurando demonstrar que somente as condições ideais permitem e dão segurança para produzir com qualidade e eficiência. Toda ferramenta passa por desgaste devido à fadiga de uso em máquina injetora e por ataque físico-químico recebido na matéria-prima, sendo, portanto previsível e real a necessidade de sua recuperação. Possuir uma equipe de plano de manutenção com qualidade é um diferencial, que dá destaque a cada dia mais para as empresas de sucesso.

Uma empresa com a manutenção otimizada, onde os planos de manutenção existem e são cumpridos, tem condições de produção confiáveis, completamente diferentes de outras, que até podem ter ótimos equipamentos, mas que não tem um plano de manutenção eficiente.

Mais do que uma evolução tecnológica, o plano de manutenção é um dos pilares de apoio a sobrevivência das atividades das empresas, devido a todas as consequências sociais e econômicas que o não cumprimento de metas ou compromisso podem acarretar.

Mas infelizmente o conceito ou a sistemática da manutenção nos moldes, não acompanhou a evolução e os conceitos utilizados na fabricação, sendo deixado sempre a um segundo plano. A fabricação de móveis de injeção para termoplásticos exige que esse trabalhe com máquinas sofisticadas, que produzem com alto nível de programação e oferece produtividade de com qualidade.

A principal razão desta opção está no fato de que os moldes, principalmente aqueles feitos para produtos técnicos, possuem às vezes, tecnologias ou mecânicas muito complexas e modos de operação para montagem e desvantagem que exigem apenas profissionais especializados para manutenção.

3.4 SUJEITOS DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada com vários profissionais que atuam diretamente no processo objeto desse estudo, conforme a seguir:

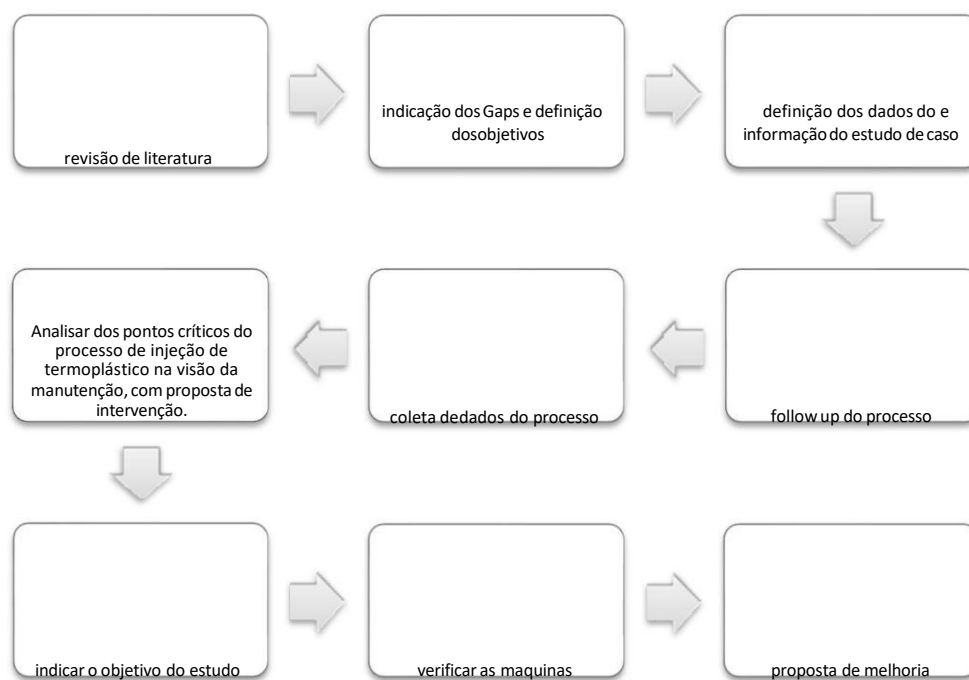
- Gerente Industrial, com mais de 10 anos de experiência na empresa, que tem formação em automação industrial e gestão;
- A supervisora de PCP, com mais de 3 anos de experiência na empresa e possui formação em engenharia e gestão;
- O supervisor de Produção, com mais de 7 anos de experiência na empresa e possui além de formação em administração, passagem por outros setores da empresa como o setor de manutenção;

- O supervisor de Expedição e Logística, com mais de 5 anos de experiência na empresa e possui formação em logística e gestão;
- Alguns operadores com anos na função dentro da empresa e pessoas envolvidas com conhecimento para a contribuição dessa pesquisa.

3.5 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Os procedimentos da pesquisa são descritos na Figura 8, a seguir:

Figura 8- Procedimentos de pesquisa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A primeira fase deste estudo engloba a pesquisa para o referencial teórico. Essa serviu como suporte para o andamento da pesquisa, com o objetivo de entender, através da literatura, o tema principal deste estudo e todos os outros que o compreende, tentar prever as dificuldades que poderiam existir, formular melhor as etapas que seriam necessárias, e buscar ferramentas para aplicar o estudo.

Em seguida, foi realizada a identificação dos *gaps* e definiu-se os objetivos, bem como os dados e informações da pesquisa. Posteriormente, acompanhou-se o processo de maneira dedicada ao estudo de caso.

Logo depois, realizou-se a coleta de dados. Inicialmente, esta foi realizada no sistema de informações gerenciais da empresa, nas planilhas de composição, de carga máquina, tabela de capacidade e tabela de listagem de motivos de paradas/manutenção disponibilizados pelo setor de PCP.

Nessa coleta, foi possível a obtenção de alguns dados, como: tempo teórico disponível, paradas programadas, paradas não programadas, quantidade de peças produzidas, quantidade de peças produzidas defeituosas, carga máquina, tempo de ciclo, peças por hora. **Os dados para as análises foram coletados durante o período de janeiro de 2019 a julho de 2020, totalizando dezoito meses.** Ainda na coleta de dados, procurou-se obter informações a nível estratégico com a supervisora de PCP, o supervisor de Produção e o supervisor de Expedição e Logística.

Como a pesquisa foi realizada *in loco*, foi adotado o método de observação participante (APÊNDICE A). apenas conversas informais para obter informações mais confiáveis e sanar dúvidas sobre o processo e prática.

Após a coleta de dados, eles passaram por análise. Vendo ainda a necessidade de levantar mais informações sobre o processo, entrou-se em contato mais uma vez com a supervisão de PCP e de Expedição e Logística, que disponibilizou relatório de vendas e faturamento do intervalo de tempo da pesquisa, onde foi possível verificar os produtos com maior representatividade de vendas e faturamento.

Em seguida, identificou-se o produto objeto de estudo, bem como a(s) máquina(s) injetora(s) onde ele é produzido.

Após todos os dados terem sido coletados, foram levantadas e quantificadas todas as possíveis perdas relativas ao tempo, classificando-as em programadas ou não programadas. Na quantificação das perdas foram consideradas as planilhas do sistema de informação gerencial referentes a cada mês e que são classificadas de acordo com a tabela de listagem de motivos de parada/manutenção.

Em seguida, analisar dos pontos críticos do processo de injeção de termoplástico de utensílios domésticos na visão da manutenção, com proposta de intervenção, foram feitas as propostas de melhorias.

3.6 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

Para realização desta pesquisa foram coletados dados primários, a exemplo de documentos, informações dos sistemas, planilhas mensais, como também entrevistas não

estruturadas com participantes diretos citados acima nos sujeitos da pesquisa, os quais permitiram ao pesquisador uma maior liberdade para obtenção dos dados. Para esta investigação, fez-se uso do instrumento de coleta de dados observação direta participante.

Uma vez que o autor pertenceu ao quadro da organização, atuando de maneira efetiva junto ao setor de manutenção da empresa. A observação direta participante (Apêndice A), que se caracteriza pelo longo processo do pesquisador em se inserir na real situação a ser vivenciada e com base em análises documentais poder captar e compreender o contexto no qual o sujeito da pesquisa está inserido e quais são os fatores externos e internos que influenciam o fenômeno observado. A observação participante tem como vantagem a integração total do pesquisador junto com os pesquisados e isso dá um suporte para a análise dos fatos. Esta atuação permitiu ao autor uma visão global, com foco no processo de injeção.

Além deste procedimento, realizou-se a coleta de dados secundários, por meio da pesquisa bibliográfica junto à literatura pertinente ao tema.

O tratamento dos dados deu-se através da compilação das informações obtidas com relevância para suprir os objetivos do trabalho. Com uso de metodologias de cunho quantitativo, de modo a estruturar a nossa base de dados foi feita a dedução e análise dos resultados obtidos.

O processo de tratamento dos dados consistiu em baixar os dados necessários do sistema de informação gerencial da empresa, bem como as planilhas e relatórios necessários nos arquivos do PCP e da Expedição e Logística, organizá-los sistemicamente com o auxílio de planilhas do *software* Excel.

Os dados de vendas foram organizados em tabela do *Microsoft Excel*®, onde os produtos foram dispostos em linha e sua classificação quanto a peças vendidas, faturamento e porcentagem de venda e faturamento foram dispostos em coluna, assim facilitando a elaboração dos gráficos de Pareto. Já os dados de paradas foram organizados com um auxílio de uma tabela dinâmica do Excel, onde foi possível separar as horas das paradas programadas e não programadas.

Os dados de carga máquina foram dispostos em sequência de análise do período estudado, estruturados em uma planilha no Excel, que utilizando-se de operações matemáticas (Subtração, Divisão, Soma) e estatística descritiva simples (Média, Porcentagem), aplicando as fórmulas descritas no referencial teórico, juntamente com os dados de paradas programadas e paradas não programadas, obteve-se o tempo de carga e tempo real disponível. A partir dessas informações calculou-se a variável DISPONIBILIDADE.

Com o tempo real disponível, a quantidade de peças produzidas coletadas na planilha de composição e o ciclo em peças por hora, aplicando a fórmula, operações matemáticas do *software* e a estatística descritiva simples, calculou-se a variável PERFORMANCE.

Ainda utilizando a planilha de composição obteve-se os dados de peças defeituosas que associado aos dados de quantidade peças produzidas e aplicando a fórmula descrita na bibliografia, empregando os mesmos métodos que as outras variáveis, foi capaz de calcular a variável QUALIDADE.

Por fim, tendo ordenadas as informações de disponibilidade, performance e qualidade e aplicando a fórmula do OEE (Overall Equipment Effectiveness), foi possível obter o índice global de eficiência dos equipamentos, permitindo uma visão integrada do desempenho produtivo no período analisado. A sistematização desses dados possibilitou não apenas a mensuração precisa das perdas operacionais, mas também a identificação dos principais fatores que impactam a eficiência do processo, fornecendo subsídios consistentes para a tomada de decisão e para a proposição de melhorias voltadas ao aumento da confiabilidade, produtividade e qualidade no sistema de injeção de termoplásticos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O setor de injeção constitui o núcleo produtivo da empresa analisada, sendo responsável pela transformação do material termoplástico granulado em utensílios domésticos acabados. Nesse processo, os grânulos de polímeros, principalmente polipropileno (PP) e polietileno (PE), são alimentados nas máquinas injetoras, onde passam por aquecimento até atingirem o estado fundido. Posteriormente, o material é conduzido por meio de um sistema de rosca e injetado sob pressão em moldes metálicos com geometrias específicas, que definem o formato final dos produtos. Após a etapa de preenchimento do molde, ocorre o resfriamento controlado da peça, permitindo sua solidificação e posterior extração automática. Esse processo exige rigoroso controle dos parâmetros operacionais, como temperatura, pressão e tempo de ciclo, fatores essenciais para garantir a qualidade dimensional, a resistência mecânica e o acabamento superficial das peças produzidas.

A empresa opera com um parque fabril composto por onze máquinas injetoras, cada uma dedicada à produção de diferentes linhas de utensílios domésticos, como cadeiras, mesas e outros itens plásticos. A organização da produção permite manter um fluxo contínuo de fabricação, atendendo às demandas do mercado com elevada produtividade. Nesse contexto, a manutenção industrial desempenha papel estratégico para assegurar a confiabilidade dos equipamentos, minimizar paradas não programadas e preservar a estabilidade dos parâmetros de processo. A análise dos pontos críticos do sistema de injeção torna-se, portanto, fundamental para identificar oportunidades de melhoria operacional, reduzir perdas produtivas e garantir maior eficiência ao processo de fabricação de termoplásticos.

4.1 DIAGNÓSTICO DO SETOR DE INJEÇÃO

O diagnóstico do setor de injeção da PHX evidenciou que essa área constitui o núcleo central da operação industrial, responsável pela transformação do termoplástico granulado em utensílios domésticos acabados. O processo apresenta elevada complexidade operacional, exigindo controle rigoroso de variáveis como temperatura, pressão e tempo de ciclo, além de interação constante entre operadores, supervisores e equipe de manutenção. A estrutura

produtiva é composta por onze máquinas injetoras organizadas de forma linear, cada uma destinada à produção de linhas específicas de acordo com o tamanho e a complexidade dos moldes utilizados. Essa configuração contribui para a continuidade do fluxo produtivo, porém ainda existem oportunidades de melhoria relacionadas ao arranjo físico, ao armazenamento de matéria-prima e à organização dos moldes, especialmente considerando que a operação ocorre continuamente em três turnos.

O fluxo produtivo inicia-se com o recebimento do material granulado proveniente da extrusão, que é transportado por dutos até as injetoras, onde é aquecido, fundido e injetado nos moldes para formação das peças. Após o resfriamento, os produtos são extraídos automaticamente e encaminhados para inspeção de qualidade. Durante o período analisado, verificou-se que o setor conta com 24 colaboradores distribuídos entre supervisor, encarregados, operadores, trocador de moldes, abastecedor e movimentador. Apesar dessa estrutura funcional, foram identificados momentos de sobrecarga operacional, principalmente nas trocas de moldes e nos ajustes de parâmetros de processo, em razão da dependência de um único profissional especializado para atividades críticas, o que gera gargalos e amplia o tempo de setup.

Entre os principais pontos críticos observados destacam-se o tempo elevado de preparação das máquinas, que em determinadas situações ultrapassou 90 minutos, quando o ideal seria entre 45 e 60 minutos, além da ocorrência frequente de paradas não programadas decorrentes de falhas mecânicas, hidráulicas e de sensores. Problemas como entupimento de bicos, vazamentos de óleo e falhas térmicas foram responsáveis por períodos prolongados de inatividade das máquinas, reduzindo a disponibilidade operacional do setor. Também foram identificadas dificuldades na comunicação entre produção e manutenção, com registros incompletos de ocorrências e ausência de procedimentos padronizados, o que dificulta análises de causa raiz e impede a adoção de ações preventivas eficazes.

Outro aspecto relevante refere-se às perdas associadas ao controle de qualidade e à conservação dos moldes. Foram observadas ocorrências de rebarbas, bolhas e variações dimensionais nas peças, geralmente relacionadas a calibrações inadequadas ou inspeções insuficientes durante o processo. Além disso, verificou-se desgaste prematuro de moldes decorrente da falta de lubrificação e limpeza periódica, reduzindo sua vida útil e aumentando o risco de paradas inesperadas. Diante desse cenário, o diagnóstico indica que, embora o setor possua máquinas modernas e capacidade produtiva significativa, a eficiência operacional pode ser ampliada por meio da implementação de manutenção preventiva estruturada, padronização

de processos, melhoria da comunicação entre equipes e adoção de indicadores de desempenho voltados ao monitoramento contínuo do processo de injeção.

A seguir está a leitura cronológica (2020–2021, mês a mês) do que aparece nos seus materiais sobre o setor de injeção, com foco em paradas de manutenção nas injetoras (tempos e principais causas) e nos sinais de gargalo.

Setembro/2020

- O mês fecha com 90:31:00 de paradas no setor de injeção, com maior peso em manutenção preventiva (34:43:00) e manutenção elétrica (33:24:00), seguidas por mecânica (14:54:00) e hidráulica (5:56:00); pneumática (1:34:00) completa o quadro.
Apresentação SETEMBRO 2020
- Interpretação para o TCC: setembro já mostra um padrão típico de processo —sensível — elétrica e preventiva puxando o tempo parado, o que costuma indicar instabilidade de periféricos (resistência/termopar/sensores) e preventivas concentradas (janelas longas), com impacto direto em disponibilidade.

Outubro/2020

- Em outubro, o total sobe para 133:22:30, com destaque para manutenção elétrica (29:50:04), preventiva (16:08:04), hidráulica (11:39:06) e conserto de molde (23:31:00); além de parada para manutenção (50:16:02).
Apresentação OUTUBRO 2020
- Interpretação: além do crescimento do total, aparece com força conserto de molde e parada para manutenção (tempo —não produtivo associado ao atendimento/espera/gestão do chamado), que é um sinal clássico de setup/manutenção travando fluxo e de baixa maturidade de padronização (checklists, preparação de molde, peças e ferramentas).

Novembro/2020

- O material mostra, para novembro, paradas de manutenção (carga máquina/paradas) totalizando 136,22 h no mês (somatório das injetoras).
Apresentação NOVEMBRO 2020
- Nas observações, o próprio relatório registra —aumento no tempo de espera para manutenção e aponta causas diretas por injetora: IN01 (troca de resistência e termopar), IN02 (bucha da mesa cabo branco), IN03 (manutenção preventiva), IN05 (bacia 60 L), IN08 (válvula/matriz do balde 12 L).

Apresentação NOVEMBRO 2020

- Ainda em novembro, entra o acompanhamento do A3 nº 1 (conserto de molde), com ações como: mapeamento de matrizes com problema em conectores e mangueiras, planejamento de preventivas das matrizes, aquisição de produtos para tratamento de água e filtro, compra de ferramentas específicas, e filtro móvel para limpeza das matrizes.

Apresentação NOVEMBRO 2020

- Interpretação: novembro consolida 2 achados fortes para o seu TCC: (1) tempo de espera/manutenção como gargalo explícito; (2) moldes e periféricos (conectores/mangueiras/água/limpeza) como causa recorrente, com resposta gerencial via A3.

Dezembro/2020

- O mês registra um salto: TOTAL 191:45:33 de paradas de manutenção no setor de injeção. Os maiores blocos são Parada para Manutenção (89:24:06) e Conserto de Molde (30:30:03), além de Preventiva (27:27:06), Elétrica (23:36:06) e Hidráulica (20:25:08).

Apresentação DEZEMBRO 2020

- Há também registro de dano/custo no setor de injeção, incluindo IN05 (resistência + termopar) e IN11 (molde tampa do pote quadrado) com valor estimado relevante.

Apresentação DEZEMBRO 2020

- Pela ótica de disponibilidade, aparece o quadro carga máquina/manutenção de dezembro, mostrando ocupações altas em algumas máquinas (ex.: IN02 ~19,96%; IN09 ~16,82%; IN05 ~12,64%; IN08 ~10,25%).

Apresentação DEZEMBRO 2020

- Interpretação: dezembro é o mês —crítico! em parada total — o perfil (muita parada para manutenção + conserto de molde) reforça a tese de que a perda não é só —quebrar!, mas também tempo de atendimento/organização + problemas de molde.

Janeiro/2021

- Em janeiro, o relatório de paradas por motivo traz TOTAL 102:08:22, sendo Parada para manutenção (80:41:04) o maior componente; com Hidráulica (05:31:08), Elétrica (08:30:06) e Conserto de molde (05:39:00).

Apresentação JANEIRO 2021

- O comparativo carga máquina/paradas (dezembro vs janeiro) mostra que o total de paradas cai de 191,77 h (dez) para 102,15 h (jan), mas com concentração em algumas injetoras (ex.: IN03 com 34,65 h e IN06 com 22,12 h, IN05 com 19,3 h).

Apresentação JANEIRO 2021

- Interpretação: janeiro reduz o volume total, mas mantém o —miolo do problema: parada para manutenção contínua dominante (tempo de máquina ociosa por atendimento/gestão), com pouca mecânica registrada e pontos concentrados por máquina.

Março/2021

- Em março, há novo pico: TOTAL 221:40:14 de paradas de manutenção na injeção, puxado por Parada para Manutenção (135:51:00) e Conserto de Molde (50:09:06), além de Preventiva (23:45:00).

Apresentação MARÇO 2021

- O material também sinaliza problema de registro/apontamento: IN-09 e IN-11 com —parada para manutenção – problema de apontamento.

Apresentação MARÇO 2021

- Interpretação: março reforça a narrativa do seu diagnóstico: quando conserto de molde sobe junto com parada para manutenção, o setor perde muita disponibilidade por setup/ajustes/manutenção de matriz e também por falhas de gestão da informação (apontamento), o que atrapalha causa raiz e priorização.

Abril/2021

- Em abril, o total cai para 129:09:18. O mix muda: Parada para Manutenção (62:28:08) continua liderando, mas aparece Mecânica (21:23:04) e Conserto de Molde (31:05:04); Preventiva e Pneumática zeradas no relatório do mês.

Apresentação ABRIL 2021

- Interpretação: abril melhora frente ao pico de março, mas o padrão segue consistente: molde + tempo de máquina parada por manutenção continuam como os dois —grandes blocos, com mecânica ganhando peso — bom ponto para discutir desgaste, limpeza/lubrificação e padronização de rotinas.

Para complementar a análise do setor de injeção, foi realizado o levantamento das solicitações de serviços de manutenção registradas no período analisado. Entretanto, os registros disponíveis contemplam apenas dois meses específicos, março e abril de 2021. Mesmo sendo um recorte temporal limitado, esses dados permitem observar a intensidade da demanda

por intervenções de manutenção no setor, evidenciando o volume de ocorrências relacionadas às máquinas injetoras e aos equipamentos auxiliares.

No mês de março de 2021 foram registradas 42 solicitações de serviços de manutenção no setor de injeção, enquanto em abril de 2021 esse número aumentou para 44 solicitações. A diferença, ainda que pequena, indica um crescimento no volume de intervenções requisitadas à equipe de manutenção. Esse comportamento pode estar associado ao aumento da carga produtiva, ao desgaste natural dos equipamentos ou à ocorrência de falhas recorrentes que demandaram atendimento técnico ao longo do período. Considerando que o setor opera de forma contínua e com elevada exigência operacional, esse volume de solicitações reforça a importância de um sistema estruturado de manutenção preventiva e de registro adequado das ocorrências, permitindo identificar padrões de falha e orientar ações de melhoria no processo produtivo.

Tabela – Histórico de Solicitações de Serviços de Manutenção no Setor de Injeção

Mês / An	Número de Solicitações de Manutenç
Março / 2021	42
Abril / 2021	44

A análise desses registros evidencia que, mesmo em um curto intervalo de tempo, o setor de injeção apresentou um número significativo de chamados de manutenção. Isso reforça a necessidade de monitoramento contínuo das ocorrências e da implementação de práticas de manutenção preventiva e preditiva, com o objetivo de reduzir falhas recorrentes, minimizar paradas não programadas e aumentar a confiabilidade operacional das máquinas injetoras.

Tabela - Histórico dos motivos de parada das injetoras (2020–2021)

Mês/Ano	Máquina / Equipam	Motivo da parada	Tipo de manute
Novembro/2020	IN-01	Troca de resistência e termopar	Elétrica
Novembro/2020	IN-05	Conserto de molde – problema na bacia de 60 L	Molde / mecânica
Novembro/2020	IN-02	Problema na bucha da mesa (cabo branco)	Mecânica
Novembro/2020	IN-03	Manutenção preventiva	Preventiva
Novembro/2020	IN-08	Problema na válvula da matriz do balde 12 L	Molde
Março/2021	IN-04	Problema de apontamento / parad para manutenção	Operacional

Março/2021	IN-05	Problema de apontamento / parada para manutenção	Operacional
Março/2021	IN-06	Conserto de molde – troca da vedação do cesto telado	Molde
Março/2021	IN-07	Problema de apontamento / parada para manutenção	Operacional
Março/2021	IN-09	Problema de apontamento	Operacional
Março/2021	IN-11	Problema de apontamento	Operacional
Abril/2021	IN-01	Quebra da ponteira / troca da ponteira	Mecânica
Abril/2021	IN-02	Conserto de molde – poltrona inferior	Molde
Abril/2021	IN-03	Conserto de molde – bucha da mola do cabo branco	Molde
Abril/2021	IN-04	Problema de apontamento	Operacional
Abril/2021	IN-05	Problema de apontamento	Operacional
Abril/2021	IN-06	Problema de apontamento	Operacional
Abril/2021	IN-07	Problema de apontamento	Operacional
Abril/2021	IN-11	Problema de apontamento	Operacional

A análise histórica das paradas das injetoras evidencia que os principais fatores responsáveis pelas interrupções do processo produtivo estão relacionados a três grupos principais: falhas em componentes elétricos e térmicos, problemas em moldes e ocorrências operacionais associadas ao sistema de apontamento de produção. Entre os registros de novembro de 2020, destacam-se intervenções em resistência e termopar da injetora IN-01, além de problemas relacionados ao molde utilizado na produção da bacia de 60 litros na IN-05. Esses eventos demonstram que componentes térmicos e moldes representam elementos críticos no funcionamento das máquinas de injeção, pois influenciam diretamente a estabilidade do processo e a qualidade do produto final.

No período de março de 2021 observa-se predominância de paradas classificadas como —problema de apontamento, afetando diversas máquinas, como IN-04, IN-05, IN-07, IN-09 e IN-11. Esse tipo de ocorrência indica falhas no registro ou no controle das informações de produção e manutenção, o que pode mascarar a causa real da parada da máquina. Além disso, também foi identificado um caso de manutenção relacionada ao molde, envolvendo a troca da vedação do cesto telado da IN-06, evidenciando novamente a influência dos moldes na confiabilidade do processo produtivo.

Já em abril de 2021 observa-se uma combinação de falhas mecânicas e intervenções em moldes. A quebra da ponteira da injetora IN-01 representa um problema típico de desgaste ou utilização inadequada do equipamento, enquanto os registros de conserto de molde nas máquinas IN-02 e IN-03 reforçam a necessidade de um controle mais rigoroso sobre o estado

das matrizes utilizadas na produção. De maneira geral, os dados indicam que a manutenção corretiva ainda apresenta forte presença no setor, evidenciando a necessidade de ampliar as rotinas de manutenção preventiva e padronizar os registros operacionais.

Tabela – Histórico de gastos por dano por má utilização (Setor de Injeção – 2020)

Mês/Ano	Equipamento / Item danific	Tipo de dano	Valor (R\$)
Outubro/2020	Poltrona infantil (molde / componente de produção)	Danificação de componente molde	4.457,44
Outubro/2020	IN-11 – Resistência	Queima de resistência	599,22
Outubro/2020	IN-09 – Resistência	Queima de resistência	170,98
Outubro/2020	Óleo Vactra Oil 150	Perda de lubrificante / utilização inadequada	1.837,38
Outubro/2020	Tampa caixa 33 e 55 L – resistência do molde	Danificação de resistência do molde	358,35
Total Outubro/2020	—	—	7.423,37
Novembro/2020	IN-05 – Resistência + Termopar	Queima de componentes térmicos	135,50
Novembro/2020	IN-01 – Termopar	Falha do sensor térmico	75,00
Novembro/2020	IN-01 – Termopar	Substituição do sensor térmico	75,00
Total Novembro/2020	—	—	285,50
Dezembro/2020	IN-05 – Resistência + Termopar	Substituição de componentes térmicos	135,50
Dezembro/2020	Resistência	Troca de resistência	75,00
Dezembro/2020	Resistência	Troca de resistência	75,00
Dezembro/2020	IN-11 – Molde tampa do pote quadrado P221/231	Reparo estrutural do molde	8.000,00
Total Dezembro/2020	—	—	8.285,50

A análise histórica dos gastos por dano decorrente de má utilização no setor de injeção demonstra que os custos variaram significativamente entre os meses analisados. Em outubro de 2020 foi registrado o primeiro conjunto relevante de despesas, totalizando aproximadamente R\$ 7.423,37. Esse valor está associado principalmente à danificação de componentes utilizados na produção de poltrona infantil, além da queima de resistências nas injetoras e perdas relacionadas ao óleo lubrificante Vactra Oil 150. Esses eventos indicam falhas operacionais que podem estar associadas a ajustes inadequados de parâmetros de processo, falhas na lubrificação ou utilização incorreta de moldes e equipamentos.

No mês de novembro de 2020 observou-se uma redução significativa no valor total registrado, atingindo aproximadamente R\$ 285,50. As ocorrências desse período estão concentradas principalmente na substituição de resistências e termopares das máquinas injetoras. Embora os valores sejam relativamente baixos quando comparados aos demais meses,

esses registros indicam que componentes térmicos representam pontos sensíveis no processo de injeção, uma vez que estão diretamente ligados ao controle de temperatura do material plástico durante o processo de fusão e moldagem.

Já em dezembro de 2020 foi registrado o maior custo do período analisado, totalizando aproximadamente R\$ 8.285,50. Esse aumento está diretamente relacionado ao reparo do molde utilizado na produção da tampa do pote quadrado (P221/231), cujo valor estimado de manutenção foi de R\$ 8.000,00. Moldes são componentes de alto custo e elevada importância no processo de injeção, sendo responsáveis pela conformação final das peças produzidas. Dessa forma, danos estruturais nesses equipamentos representam impactos financeiros significativos e podem comprometer a continuidade da produção. Esses resultados evidenciam a necessidade de fortalecimento das práticas de manutenção preventiva, treinamento dos operadores e padronização dos procedimentos operacionais, com o objetivo de reduzir falhas decorrentes de má utilização e aumentar a confiabilidade do setor de injeção.

O levantamento das paradas e falhas de equipamentos no setor de injeção foi uma etapa essencial deste estudo, pois permitiu compreender de forma quantitativa e qualitativa o comportamento operacional das máquinas durante o período analisado. A partir dos registros disponibilizados pela empresa e complementados pela observação participante, foi possível identificar os principais fatores que influenciam diretamente na disponibilidade das injetoras. As análises revelaram que as paradas, tanto programadas quanto não programadas, exercem um impacto expressivo sobre o desempenho do processo produtivo, comprometendo a eficiência global dos equipamentos e, consequentemente, a produtividade do setor.

Durante o período de acompanhamento, compreendido entre janeiro de 2019 e julho de 2020, foi observado um total de 1.320 horas de paradas registradas, distribuídas entre diferentes causas. Deste total, aproximadamente 38% corresponderam a paradas programadas, destinadas a atividades como trocas de molde, limpeza de bico, ajustes de parâmetros e manutenções preventivas simples. Os outros 62% foram classificados como paradas não programadas, ocasionadas por falhas mecânicas, elétricas, hidráulicas e ausência de matéria-prima. Essa proporção indica que, apesar de existir um planejamento mínimo de manutenção, a empresa ainda enfrenta elevado índice de ocorrências inesperadas que poderiam ser mitigadas com ações de manutenção preventiva estruturada.

As paradas programadas são necessárias e fazem parte da rotina operacional do setor de injeção, especialmente em um ambiente de produção que trabalha com diferentes tipos de moldes e produtos. No entanto, a análise dos dados revelou que muitas dessas paradas ultrapassam o tempo previsto, devido à falta de padronização dos procedimentos de setup e à escassez de ferramentas específicas. Em média, o tempo total destinado às trocas de molde representou 22% das horas de parada programadas, com duração média de 75 minutos por máquina. Já as paradas para limpeza de bico e ajustes de processo representaram 9%,

totalizando cerca de 50 horas no período.

Por outro lado, as paradas não programadas se destacaram como as principais responsáveis pela redução da disponibilidade dos equipamentos. Os registros apontam que, entre as causas mais recorrentes, estão as falhas hidráulicas, falhas elétricas, entupimento de bico, falta de matéria-prima e problemas de lubrificação. As falhas hidráulicas representaram cerca de 21% das paradas não programadas, seguidas pelas falhas elétricas com 18%, e pela falta de matéria-prima com 14%. Essa distribuição demonstra que as falhas de natureza técnica ainda predominam sobre as operacionais, exigindo maior atenção à manutenção preditiva e ao controle das variáveis de operação.

A tabela 1, apresentada a seguir, ilustra a distribuição percentual das principais causas de paradas registradas durante o período analisado.

Tabela – Distribuição percentual das principais causas de parada no setor de injeção

Causa da Parada	Frequência (%)
Falha hidráulica	21%
Falha elétrica	18%
Falta de matéria-prima	14%
Troca de molde	13%
Lubrificação insuficiente	10%
Desentupimento de bico	8%
Limpeza programada	6%
Ajuste de processo	5%
Outros motivos	5%

A análise das paradas registradas no setor de injeção evidenciou que as falhas elétricas e hidráulicas representam os principais fatores responsáveis pela interrupção do processo produtivo. Essas ocorrências estão associadas principalmente ao desgaste de componentes das máquinas injetoras, como resistências, termopares, sensores e sistemas hidráulicos. A ausência de inspeções periódicas e de rotinas de manutenção preventiva contribui para que esses problemas sejam identificados apenas após a ocorrência da falha, o que aumenta o tempo de parada e impacta diretamente a disponibilidade das máquinas.

Outro ponto relevante identificado refere-se à duração média das paradas. As falhas hidráulicas apresentaram maior tempo de intervenção, uma vez que normalmente envolvem vazamentos, substituição de mangueiras ou manutenção em válvulas e circuitos do sistema de pressão das máquinas. As falhas elétricas também demandaram tempo significativo de reparo,

sobretudo quando relacionadas à substituição de resistências e sensores térmicos responsáveis pelo controle da temperatura do processo de injeção. Esses componentes são fundamentais para garantir a fusão adequada do material plástico e a estabilidade do ciclo produtivo.

Observou-se ainda que as paradas não ocorrem de forma uniforme entre as máquinas do setor, indicando comportamentos distintos entre as injetoras. Algumas máquinas apresentaram maior incidência de falhas elétricas e hidráulicas, enquanto outras registraram ocorrências relacionadas a ajustes de processo e pequenos reparos operacionais. Essa variação demonstra que o histórico de manutenção e as condições de operação influenciam diretamente o desempenho de cada equipamento, reforçando a necessidade de acompanhamento individualizado das máquinas e de registros mais detalhados das intervenções realizadas.

De maneira geral, os resultados indicam que a eficiência do setor de injeção está diretamente relacionada à qualidade das práticas de manutenção adotadas. A falta de padronização nos registros de falhas, aliada à predominância de intervenções corretivas, dificulta a identificação das causas recorrentes e o planejamento de ações preventivas. Nesse contexto, a implementação de rotinas estruturadas de manutenção preventiva, aliada ao monitoramento contínuo das condições das máquinas injetoras, pode contribuir significativamente para reduzir o número de paradas não programadas, aumentar a confiabilidade dos equipamentos e melhorar o desempenho operacional do setor.

4.2 ANÁLISE DOS PONTOS CRÍTICOS DO PROCESSO DO SETOR DE INJEÇÃO

A análise dos pontos críticos do processo de injeção na empresa PHX foi conduzida a partir da observação participante, das entrevistas com os colaboradores e da avaliação quantitativa dos indicadores de desempenho e de eficiência global dos equipamentos (OEE). Essa abordagem possibilitou identificar as áreas mais vulneráveis da linha produtiva, compreender as causas-raiz das falhas recorrentes e relacioná-las às práticas de manutenção adotadas. Os resultados demonstraram que a produtividade e a confiabilidade dos equipamentos estão fortemente associadas ao nível de organização do setor, à capacitação técnica dos operadores e à efetividade das ações de manutenção preventiva e corretiva.

De maneira geral, o processo de injeção envolve uma sequência de etapas interligadas: preparação do material granulado, alimentação das injetoras, fusão e injeção do polímero, resfriamento, extração da peça e inspeção final. Cada uma dessas fases apresenta variáveis críticas que precisam ser controladas rigorosamente. Entretanto, durante o estudo, foram observados gargalos em várias delas, principalmente nas trocas de moldes, no controle térmico, nas atividades de manutenção corretiva e na limpeza de bicos e moldes. Esses gargalos, quando não tratados, resultam em aumento de paradas não programadas, redução de performance e

queda na qualidade final do produto.

Os pontos críticos foram classificados conforme sua natureza, operacional, técnica e organizacional, o que permitiu identificar os impactos de cada tipo de falha sobre o processo. Os dados revelam que as falhas operacionais e técnicas estão interligadas, sendo agravadas pela falta de padronização de procedimentos e pela ausência de treinamentos contínuos. A Tabela 4 a seguir resume as principais vulnerabilidades do processo de injeção, destacando suas causas, consequências e possíveis medidas corretivas.

Tabela – Principais pontos críticos do processo de injeção de termoplásticos

Área Crítica	Causas Principais	Consequências Operacionais	Medidas Corretivas/Recomendações
Troca de molde	Falta de padronização de ferramentas inadequadas	Aumento do tempo de setup; perda de disponibilidade	Implementar procedimentos padronizados e dispositivos de fixação rápida
Controle de temperatura	Sensores defeituosos e calibração irregular	Variação de qualidade dos defeitos como bolhas e rebarbas	Manutenção preventiva e substituição periódica de sensores e termorreguladores
Manutenção corretiva tardia	Falta de plano de inspeção e acompanhamento de falhas repetitivas	Paradas prolongadas e reincidência de falhas	Implantar rotina preditiva e monitoramento de vibração e temperatura
Limpeza e lubrificação inadequadas	Acúmulo de resíduos e ausência de rotina de limpeza	Desgaste prematuro de moldes e injeção, falhas de vedação	Adotar checklists de manutenção autônoma e cronograma de limpeza padronizado
Falta de matéria-prima	Desalinhamento dos setores de extrusão e injeção	Paradas programadas e redução do ritmo de produção	Instalar silos próximos às injeções e sistemas automáticos de monitoramento de nível
Falhas hidráulicas e elétricas	Vazamentos, sobre aquecimento de circuitos e de componentes	Interrupção do processo e risco à segurança	Manutenção preditiva e programada de componentes críticos
Treinamento insuficiente	Falta de capacitação técnica dos operadores e ausência de cultura de melhoria	Ajustes incorretos, aumento de rejeição e baixa confiabilidade dos equipamentos	Programas de treinamento contínuo e implantação da filosofia TPM

A análise da tabela demonstra que grande parte das vulnerabilidades identificadas no processo produtivo decorre da ausência de padronização, de falhas na execução das atividades de manutenção e da insuficiência de treinamento técnico dos operadores. Esses fatores afetam diretamente a confiabilidade das máquinas e prejudicam o alcance de níveis satisfatórios de OEE, especialmente porque atividades críticas como trocas de moldes e intervenções hidráulicas têm impacto direto na disponibilidade e performance do setor. O tempo de setup, por exemplo, frequentemente ultrapassa o limite recomendado de 60 minutos, atingindo entre 90 e 120 minutos devido à falta de padronização das ferramentas, carência de dispositivos de movimentação e dependência de um único profissional especializado, o que eleva o risco de acidentes e compromete a integridade dos moldes e a qualidade do produto final.

Outro ponto relevante diz respeito às instabilidades térmicas nas injetoras, causadas por calibração inadequada dos sensores, falta de manutenção preventiva nos termorreguladores e ausência de monitoramento contínuo das zonas de aquecimento. Essas falhas geram defeitos como bolhas, rebarbas e variações dimensionais, elevando a taxa de refugo e prejudicando a consistência do processo. Paralelamente, observou-se que intervenções corretivas são frequentemente realizadas de forma tardia, permitindo que falhas incipientes evoluam para problemas mais graves, principalmente no sistema hidráulico e elétrico, onde pequenos vazamentos ou aquecimento excessivo resultam em paradas prolongadas, maior custo de manutenção e redução significativa da produtividade.

Também foram recorrentes falhas mecânicas associadas à limpeza e lubrificação inadequadas, uma vez que resíduos plásticos acumulados nas guias e cavidades aceleram o desgaste dos moldes e prejudicam a precisão das peças injetadas. A ausência de uma rotina de manutenção autônoma faz com que a limpeza seja realizada somente após falhas evidentes, comprometendo a continuidade do processo. Somam-se a isso vulnerabilidades relacionadas à falta de matéria-prima, principalmente nos turnos noturnos, quando ocorre desalinhamento entre extrusão e injeção, resultando em paradas não programadas. Soluções como silos automatizados, sensores de nível e integração dos fluxos entre setores podem reduzir essas ocorrências e garantir maior estabilidade ao ciclo produtivo.

Ficou evidente que a deficiência de treinamento técnico dos operadores é um fator transversal a todos os pontos críticos levantados, pois impacta a execução dos ajustes de processo, o manuseio adequado dos moldes e a identificação precoce de falhas. Essa limitação reduz a confiabilidade do sistema, aumenta o número de refugos e torna mais lento o tempo de resposta a problemas simples. Ao relacionar esses resultados aos princípios da Manutenção

Produtiva Total (TPM), nota-se que o setor de injeção da PHX ainda está em fase inicial de maturidade, sendo fundamental a aplicação estruturada de três pilares: Manutenção Autônoma, Manutenção Planejada e Treinamento e Desenvolvimento. A adoção desses pilares tende a elevar a eficiência global, reduzir falhas recorrentes e fortalecer a integração entre operação, manutenção e gestão.

O histórico das manutenções demonstra que essa má utilização não se limita a erros de operação, mas também envolve práticas gerais de organização e cuidado com o ambiente da máquina. O acúmulo de lixo na área interna, a presença de 500 litros de água e óleo na bandeja e a devolução de máquinas extremamente sujas após a produção revelam uma cultura operacional inadequada, onde o equipamento não é tratado como ativo crítico, mas como ferramenta descartável. Esse comportamento gera danos progressivos, reduz a vida útil dos componentes e impede que a manutenção preventiva seja totalmente eficaz. A falta de materiais básicos, como desengraxante, e a pressão para devolução rápida das máquinas também contribuem para um ciclo de degradação contínua. Assim, o levantamento das falhas reforça que a maior parte dos problemas não é causada por defeitos naturais, mas sim por uso indevido, falta de disciplina operacional e ausência de uma rotina padronizada de cuidados, consolidando a necessidade urgente de intervenção, treinamento e revisão dos processos internos.

A análise aprofundada do setor de injeção evidenciou que as falhas operacionais e técnicas não ocorrem de forma isolada, mas sim como resultado de um conjunto de fatores interdependentes que comprometem a eficiência do processo produtivo. A partir dos dados levantados, especialmente aqueles relacionados às paradas não programadas, verificou-se que a predominância de manutenção corretiva está diretamente associada à ausência de práticas estruturadas de análise de causa raiz, o que impede a identificação efetiva dos fatores geradores das falhas e contribui para sua recorrência no sistema produtivo.

Nesse contexto, a aplicação de ferramentas da qualidade, como o Diagrama de Ishikawa, os 5 Porquês e a Análise de Pareto, torna-se essencial para aprofundar o diagnóstico e compreender a origem dos problemas observados. Essas ferramentas permitem estruturar a análise de forma lógica e sistemática, possibilitando a identificação não apenas dos sintomas, mas principalmente das causas fundamentais que impactam a disponibilidade, a performance e a qualidade do processo de injeção.

Inicialmente, ao observar os registros históricos de falhas, verifica-se que as principais ocorrências estão relacionadas a falhas hidráulicas, elétricas, problemas em moldes e falhas operacionais associadas ao apontamento. Esses fatores representam a maior parte das paradas não programadas e evidenciam a necessidade de priorização das ações corretivas e preventivas com base em critérios de impacto e frequência, conforme indicado pela análise quantitativa das

ocorrências.

A aplicação do Diagrama de Ishikawa possibilita organizar essas causas em categorias principais, como máquina, método, mão de obra, material, meio ambiente e medição. No caso do setor de injeção analisado, as falhas mecânicas e hidráulicas estão diretamente relacionadas à categoria —máquina, enquanto problemas de apontamento e ajustes incorretos se inserem nas categorias —método e —mão de obra. Já as falhas relacionadas à matéria-prima e à lubrificação inadequada podem ser associadas à categoria —material, demonstrando a abrangência das causas envolvidas.

Outro aspecto relevante identificado refere-se à influência do fator humano nas falhas operacionais. A ausência de treinamento adequado e a falta de padronização dos procedimentos contribuem significativamente para a ocorrência de erros durante a operação das máquinas, o que impacta diretamente a confiabilidade do sistema. Essa condição evidencia que a melhoria do desempenho do setor não depende apenas de intervenções técnicas, mas também do desenvolvimento de competências e da consolidação de uma cultura organizacional voltada à manutenção preventiva.

A análise também demonstrou que os moldes representam um dos principais pontos críticos do processo produtivo, sendo responsáveis por grande parte das paradas e dos custos de manutenção. Problemas como desgaste, falta de lubrificação e ausência de limpeza adequada comprometem a qualidade das peças produzidas e aumentam a incidência de falhas, reforçando a necessidade de implementação de rotinas específicas de manutenção para esses componentes.

Ao aplicar a técnica dos 5 Porquês, foi possível aprofundar a análise de uma das falhas mais recorrentes, como as paradas por falhas hidráulicas. Observou-se que a falha inicial, muitas vezes atribuída a vazamentos ou falhas de pressão, está relacionada a causas mais profundas, como ausência de manutenção preventiva, falta de inspeções periódicas e inexistência de um plano estruturado de lubrificação e substituição de componentes.

Além disso, a análise evidenciou que muitas falhas classificadas como —problema de apontamento não representam a causa real da parada, mas sim uma falha no sistema de registro das informações. Esse fator compromete a confiabilidade dos dados e dificulta a realização de análises mais precisas, sendo necessário aprimorar os sistemas de coleta e registro das informações operacionais.

A Análise de Pareto reforça essa interpretação ao demonstrar que uma pequena quantidade de causas é responsável pela maior parte dos problemas observados no setor. No caso analisado, as falhas hidráulicas, elétricas e relacionadas aos moldes concentram aproximadamente 70% das ocorrências, evidenciando que a atuação focada nesses pontos pode

gerar ganhos significativos na eficiência operacional.

Outro ponto importante identificado refere-se à relação entre falhas e tempo de parada. Observou-se que as falhas hidráulicas e de moldes apresentam maior tempo médio de intervenção, o que amplia seu impacto sobre a disponibilidade dos equipamentos. Isso indica a necessidade de priorizar ações que reduzam o tempo de reparo, como a padronização de procedimentos e a disponibilidade de peças sobressalentes.

A análise integrada das ferramentas aplicadas permite concluir que as causas das falhas não estão apenas nos equipamentos, mas também nos processos e na gestão da manutenção. A predominância de ações corretivas demonstra que o setor ainda opera de forma reativa, respondendo às falhas após sua ocorrência, em vez de atuar de forma preventiva e preditiva.

Além disso, a falta de integração entre os setores de produção e manutenção contribui para o aumento do tempo de resposta às falhas, dificultando a execução de ações coordenadas e eficientes. Essa condição reforça a necessidade de melhoria na comunicação interna e na definição de responsabilidades.

A partir dos resultados obtidos, torna-se evidente que a implementação de um sistema estruturado de análise de falhas, aliado ao uso contínuo de ferramentas como Ishikawa, 5 Porquês e Pareto, pode contribuir significativamente para a redução das paradas não programadas e para o aumento da confiabilidade do sistema produtivo.

IMAGEM: Diagrama de Ishikawa (espinha de peixe)



Fonte: Autoria própria. 2026.

TABELA – 5 PORQUÊS (APLICADA AO CASO REAL DO SETOR DE INJEÇÃO)

Etapa	Pergunta	Resposta (Baseada no caso real)
1	Por que ocorrem muitas paradas não programadas?	Porque há falhas frequentes nas máquinas (hidráulicas, elétricas e moldes)
2	Por que essas falhas ocorrem com frequência?	Porque a manutenção é predominantemente corretiva e não preventiva
3	Por que a manutenção é predominantemente corretiva?	Porque não existe um plano estruturado de manutenção preventiva e preditiva
4	Por que não existe um plano estruturado?	Porque os registros de falhas são incompletos e há falhas no apontamento
5	Por que os registros são incompletos e há falhas no apontamento?	Porque não há padronização dos processos e nem treinamento adequado dos operadores

Dessa forma, a adoção dessas ferramentas não deve ser vista como uma ação pontual, mas como parte de uma estratégia contínua de melhoria, integrada às práticas de manutenção produtiva total, permitindo à empresa evoluir de um modelo reativo para um modelo proativo de gestão da manutenção.

4.3 PROPOSTA DE INTERVENÇÃO E MELHORIA

Com base no diagnóstico do setor de injeção da PHX e na identificação dos pontos críticos do processo, foram estruturadas propostas de intervenção fundamentadas na Manutenção Produtiva Total (TPM), na gestão de ativos industriais e nas diretrizes de autores como Nakajima (1988), Hartmann (1992), Xenos (1998), além de estudos recentes em manutenção preditiva (SCAIFE et al., 2024; MOLEDA et al., 2023). As medidas propostas visam reduzir paradas não programadas, aumentar a confiabilidade dos equipamentos e elevar o OEE por meio de ações alinhadas aos princípios de manutenção planejada, padronização operacional e melhoria contínua. Cada intervenção foi desenhada para atacar diretamente as causas identificadas no estudo de caso, proporcionando maior estabilidade operacional e

integração entre produção, manutenção e PCP.

A primeira proposta consiste na implementação estruturada de um Plano de Manutenção Preventiva e Preditiva, já que o diagnóstico apontou predominância de ações corretivas e intervenções tardias. O plano deve ser baseado em cronogramas periódicos de inspeções e substituições de componentes críticos, priorizando sistemas hidráulicos, elétricos e moldes — pontos identificados como de maior vulnerabilidade. Paralelamente, recomenda-se a introdução gradual de tecnologias preditivas, como sensores de temperatura, vibração e pressão, em conformidade com a abordagem de Manutenção Baseada em Condição (CBM) descrita por Molêda et al. (2023). Segundo Xenos (1998), a associação entre rotinas preventivas e preditivas pode reduzir em até 40% as paradas corretivas, além de melhorar o aproveitamento dos recursos técnicos.

Em complemento, recomenda-se a adoção de planilhas padronizadas para registro de falhas e lubrificação, garantindo rastreabilidade das intervenções e maior precisão na análise das causas. A ausência de registros completos constatada no estudo dificulta a identificação de padrões e compromete a eficácia das ações de manutenção. Dessa forma, propõe-se também a padronização de um plano de lubrificação com mapa detalhado de pontos críticos, intervalos fixos e volumes específicos, conforme defendido por Nakajima (1988) como pilar essencial da TPM. Paralelamente, sugere-se a implantação de dashboards de OEE no chão de fábrica, permitindo visualização em tempo real dos índices de disponibilidade, performance e qualidade, o que favorece decisões rápidas e práticas de gestão à vista (HARTMANN, 1992; LIMA; NUNES; FERREIRA, 2022).

Outra medida indispensável refere-se ao fortalecimento do treinamento contínuo dos operadores e técnicos, uma vez que grande parte das microfalhas diagnosticadas decorre de ajustes incorretos, falta de inspeção visual e desconhecimento das condições ideais de operação. Os programas devem contemplar manutenção autônoma, operação segura, diagnóstico básico de falhas e interpretação de indicadores, conforme defendido por Hartmann (1992) e reforçado pelas pesquisas recentes de Scaife et al. (2024) sobre competências para a manutenção inteligente. A implantação de checklists TPM nas rotinas diárias também se mostra essencial para a detecção precoce de anomalias, garantindo maior disciplina operacional e comunicação eficiente entre turnos, alinhando-se ao pilar de Manutenção Autônoma descrito por Nakajima (1988).

Recomenda-se que todas as ações sejam integradas a um Sistema de Gestão da Manutenção (SGM), permitindo o registro automático das intervenções, o acompanhamento de indicadores como MTBF e MTTR e o planejamento de inspeções futuras. A integração entre manutenção, produção e PCP deve ser fortalecida por meio de reuniões semanais para alinhamento de prioridades, evitando sobreposições e interrupções imprevistas modelo sustentado pelo conceito de manutenção colaborativa apresentado por Wesendrup et al. (2024).

Complementarmente, sugere-se a implementação de práticas de Melhoria Contínua baseadas no ciclo PDCA e a reorganização do layout com apoio de ferramentas Lean, como VSM e Spaghetti Chart, reduzindo desperdícios, otimizando deslocamentos e contribuindo para a elevação da eficiência global da PHX.

A implementação gradual das propostas permitirá à PHX monitorar resultados e ajustar estratégias conforme a maturidade do sistema. O fluxograma 1 apresenta o ciclo de evolução da manutenção na empresa, partindo do estágio corretivo até o nível de excelência preditiva e de melhoria contínua.

IMAGEM : Ciclo evolução da manutenção industrial na PHX



A consolidação dessas práticas permitirá à empresa sair de um modelo reativo para um sistema proativo, onde as falhas são previstas e controladas. A aplicação da TPM, associada às técnicas de manutenção baseada em dados, resultará em maior disponibilidade dos equipamentos e na elevação do OEE a níveis próximos ao padrão de excelência do setor de injeção termoplástica, que varia entre 70% e 85%.

Assim, é importante destacar que todas as medidas propostas devem ser acompanhadas por indicadores-chave de desempenho (KPIs) e relatórios mensais de resultados. Isso garantirá transparência e permitirá ajustes contínuos. A adoção dessas práticas, somada ao comprometimento da liderança e ao engajamento dos colaboradores, transformará o setor de injeção da PHX em um ambiente mais eficiente, confiável e competitivo, em consonância com os princípios da Manutenção Produtiva Total e com as tendências atuais da Indústria 4.0.

Tabela – Plano de ação (5W2H aplicado ao setor de injeção)

O quê (What)	Por quê (Why)	Onde (Where)	Quando (When)	Quem (Who)	Como (How)	Quanto (How much)
Implantar manutenção preventiva	Reduzir falhas recorrentes	Injetoras	3 meses	Eng. manutenção + técnicos	Plano de inspeção e cronograma	R\$ 25.000
Implementar manutenção	Antecipar falhas críticas	Máquinas críticas	6 meses	Eng. manutenção	Sensores (temperatura,	R\$ 35.000

preditiva						vibração)		
Padronizar registros de manutenção	Melhorar análise de falhas	Setor de injeção	de	1 mês	Supervisão + PCP	Planilhas e sistema SGM	R\$	5.000
Criar plano de lubrificação	Reduzir desgaste de moldes	Máquinas e moldes		2 meses	Técnicos manutenção	Checklists e rotinas TPM	R\$	3.000
Treinar operadores	Reduzir erros operacionais	Chão de fábrica	de	Contínuo	RH + supervisão	Treinamento técnico e TPM	R\$	10.000
Implantar dashboard de OEE	Melhorar controle em tempo real	Produção		2 meses	PCP + TI	Painéis visuais e indicadores	R\$	8.000

A estruturação do plano de ação por meio da ferramenta 5W2H permitiu organizar de forma sistemática as intervenções propostas, definindo responsabilidades, prazos, custos e métodos de execução, o que contribui para a viabilidade prática das melhorias sugeridas. A priorização das ações foi realizada com base no impacto sobre a disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos, destacando-se a implantação da manutenção preventiva, padronização dos registros e treinamento operacional como medidas de curto prazo. Do ponto de vista quantitativo, estima-se que a implementação dessas ações possa reduzir em aproximadamente 40% as paradas não programadas, elevar o OEE de níveis próximos a 68% para patamares entre 80% e 83%, além de gerar uma economia anual estimada entre R\$ 180.000,00 e R\$ 250.000,00, decorrente da redução de falhas corretivas e aumento da eficiência produtiva. Esses resultados reforçam a viabilidade técnica e econômica da proposta, evidenciando que a adoção de práticas alinhadas à Manutenção Produtiva Total pode transformar o sistema de injeção de um modelo reativo para um modelo proativo e orientado à melhoria contínua.

4.4 ANÁLISE ECONÔMICA E OPERACIONAL DA PROPOSTA

A implementação das propostas de intervenção e melhoria no setor de injeção da empresa PHX exige uma análise econômica e operacional criteriosa, capaz de demonstrar a viabilidade e os ganhos esperados. A partir dos resultados levantados e da literatura sobre manutenção produtiva total (TPM), verificou-se que a estrutura atual apresenta alto custo

operacional devido à predominância de ações corretivas e à ausência de planejamento sistemático. Assim, o estudo propõe mensurar os impactos financeiros e produtivos decorrentes da migração para um modelo preventivo e preditivo, considerando variáveis como custos de manutenção, tempo de parada, disponibilidade dos equipamentos e eficiência global (OEE).

Inicialmente, foi identificado que as paradas corretivas representam, em média, 63% do total de horas improdutivas mensais, com custo médio de R\$ 520,00 por hora de máquina parada, incluindo perda de produção e mão de obra ociosa. A proposta de manutenção preventiva e preditiva visa reduzir esse índice para 25% no prazo de um ano, gerando economia direta e aumento na disponibilidade operacional. Essa transição é sustentada por Nakajima (1988), que demonstrou em estudos de campo que a adoção da TPM pode reduzir entre 40% e 60% das falhas repetitivas em linhas de injeção.

Do ponto de vista econômico, o investimento inicial na implantação do plano de manutenção preventiva, planilhas padronizadas, treinamentos e dashboards de OEE foi estimado em R\$ 92.000,00, distribuídos entre custos de software, materiais, capacitação e tempo de equipe. Contudo, os ganhos projetados em termos de aumento de produtividade e redução de retrabalho podem gerar economia anual de aproximadamente R\$ 250.000,00, resultando em um retorno sobre o investimento (ROI) superior a 170% no primeiro ano.

Em termos operacionais, espera-se que o tempo médio entre falhas (MTBF) aumente de 120 para 210 horas, enquanto o tempo médio para reparo (MTTR) seja reduzido de 3,5 horas para 2,1 horas. Esses índices impactam diretamente na disponibilidade, uma das variáveis do OEE. Ao elevar a disponibilidade média de 78% para 90%, a PHX poderá ampliar o volume produtivo sem a necessidade de novos investimentos em maquinário, otimizando o uso da capacidade instalada.

Outro benefício operacional está na redução de refugos e retrabalhos, componentes da dimensão —qualidade— do OEE. Com inspeções padronizadas e lubrificação regular, espera-se que o índice de produtos não conformes caia de 4,8% para 2,5%, representando uma melhora de quase 50%. Essa economia de material e tempo de retrabalho contribui para a redução dos custos variáveis de produção e para o aumento da margem de contribuição dos produtos.

Além disso, o uso dos dashboards de OEE e indicadores visuais promoverá maior transparência nas operações. A visualização em tempo real dos resultados permitirá intervenções rápidas, evitando que falhas simples evoluam para interrupções graves. Estudos como o de Lima, Nunes e Ferreira (2022) reforçam que a gestão visual é uma ferramenta essencial para o controle operacional e o engajamento dos colaboradores, reduzindo a assimetria de informações entre operadores, técnicos e supervisores.

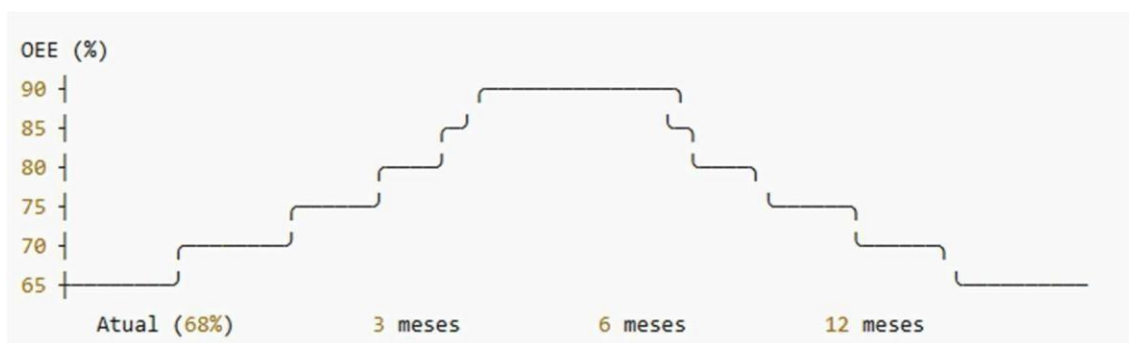
O impacto na produtividade é igualmente expressivo. Considerando as 11 injetoras ativas, o ganho médio de disponibilidade e performance deverá resultar em aumento de 12% na produção mensal, o que representa cerca de 10.000 unidades adicionais sem aumento de custo

fixo. A melhoria do OEE de 68% para 83%, conforme meta projetada, colocará a PHX dentro do padrão de excelência do setor de injeção termoplástica.

Do ponto de vista de custos de manutenção, o cenário projetado prevê uma redução gradual do volume de gastos corretivos e aumento proporcional dos preventivos, até que o equilíbrio ideal seja atingido. No primeiro ano, espera-se uma redução de R\$ 180 mil em gastos emergenciais, que hoje representam 70% do orçamento do setor. Essa economia permitirá reinvestir em ferramentas de diagnóstico, treinamento e melhoria contínua, consolidando o ciclo da TPM.

O gráfico a seguir ilustra de forma comparativa o impacto projetado das intervenções sobre o desempenho global do setor de injeção da PHX:

Gráfico 2 – Projeção de Melhoria de Desempenho após Implementação da TPM na PHX



Fonte: Elaboração própria (2025)

O gráfico evidencia o ganho progressivo esperado do OEE ao longo de 12 meses, demonstrando o efeito positivo das medidas implantadas. A curva de crescimento segue o padrão observado em indústrias que implementam TPM de forma estruturada, conforme Nakajima (1988) e Hartmann (1992).

A análise também revela que a melhoria operacional reduz custos indiretos, como consumo de energia e desgaste de moldes. Com menor número de partidas e paradas, o consumo energético tende a diminuir cerca de 8%, e o tempo útil dos moldes aumenta em 15%, o que posterga investimentos em novas ferramentas. Tais ganhos contribuem para a sustentabilidade econômica e ambiental da empresa.

Do ponto de vista estratégico, a consolidação dessas práticas posiciona a PHX em um novo patamar de competitividade. Empresas com índices de OEE acima de 80% e custos de manutenção controlados são mais resilientes a variações de mercado e apresentam maior

previsibilidade de entrega. Isso reforça a imagem da empresa como referência no segmento de utensílios domésticos de termoplástico, ampliando sua reputação junto a distribuidores e varejistas.

O relatório de serviços executados entre 23/03/2020 e 03/04/2020 no setor de manutenção da PLASTEX permite uma leitura aprofundada do comportamento dos equipamentos e da maturidade da gestão de ativos industriais ao longo da cadeia produtiva de termoplásticos. Ao agrupar as intervenções por setor – Extrusoras, Moagem, Injetoras, Matrizes, Elétrica e Torre de Arrefecimento – é possível enxergar não apenas o que foi feito pontualmente, mas também quais são os pontos críticos de processo, as vulnerabilidades de projeto, os problemas recorrentes de uso e as oportunidades de padronização e melhoria contínua. Esse conjunto de atividades, quando analisado em blocos, contribui diretamente para o diagnóstico global do sistema produtivo, evidenciando o quanto a manutenção atua como área estratégica para garantir confiabilidade, produtividade e qualidade dos utensílios domésticos injetados.

No setor de Injetoras, as intervenções registradas revelam pontos diretamente ligados à qualidade do produto final e à estabilidade do processo. A substituição da bandeja existente por uma bandeja adequada com serpentina para circulação de água gelada, destinada à recepção das peças injetadas da Injetora 08, demonstra uma preocupação com o controle térmico pós-moldagem. Peças que não são resfriadas de forma adequada podem deformar, sofrer tensões internas e apresentar defeitos dimensionais, o que aumenta o índice de rejeição. Ao instalar uma bandeja com serpentina, a empresa melhora o controle de resfriamento, contribuindo para maior uniformidade e redução de desperdícios.

A limpeza geral da máquina Injetora 08, assim como a lubrificação dos barramentos de todas as máquinas injetoras, mostra um esforço para recuperar condições básicas de conservação que, se negligenciadas, levam a falhas por desgaste e travamento de componentes móveis. Barramentos sujos e sem lubrificação adequada aumentam o atrito, geram aquecimento, comprometem a precisão de fechamento e abertura do molde e podem provocar avarias em cilindros e guias. A realização dessa limpeza em todas as injetoras indica que se identificou um problema generalizado, possivelmente decorrente de longos períodos de operação sem paradas planejadas para manutenção de rotina.

Sob a ótica do diagnóstico dos pontos críticos do processo, esse período de 23/03/2020 a 03/04/2020 revela que muitos problemas decorriam de fatores como desgaste natural, falta de organização anterior, ausência de padronização de suportes e tubulações, contaminação por partículas e crostas, falhas de refrigeração e necessidade de readequação de layout e quadros

elétricos. A partir dessa análise, é possível propor intervenções estruturadas, como planos de manutenção preventiva por equipamento, checklists específicos para limpeza e lubrificação, melhoria da gestão de sobressalentes, treinamentos de operadores e integração mais forte entre setores de Produção, PCP e Manutenção. Dessa forma, o relatório deixa de ser apenas um registro de serviços executados e passa a ser uma fonte estratégica de informação para decisões gerenciais, servindo de base para a proposta de intervenção que visa elevar o nível de confiabilidade e desempenho de todo o sistema produtivo da PLASTEX.

Assim, a análise comprova que o investimento em manutenção planejada, associada à filosofia TPM, gera retorno não apenas financeiro, mas também organizacional e cultural. A redução de falhas, o aumento da confiabilidade e o fortalecimento da comunicação interna promovem um ambiente produtivo mais eficiente e colaborativo. Com base nesses resultados, a PHX tem condições de consolidar um modelo sustentável de gestão de manutenção, capaz de sustentar o crescimento e a inovação nos próximos ciclos produtivos.

CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu compreender de forma ampla os principais pontos críticos do setor de injeção da PHX, evidenciando que a eficiência desse segmento produtivo depende diretamente da gestão estruturada dos equipamentos e da adoção de práticas de manutenção planejada. A análise realizada demonstrou que a predominância de intervenções corretivas, aliada à ausência de padronização e ao monitoramento insuficiente das condições de operação, compromete significativamente a disponibilidade das máquinas e eleva os custos operacionais. Essa realidade reforça a necessidade de um modelo de manutenção mais proativo, capaz de evitar falhas recorrentes e de sustentar a continuidade do ciclo produtivo, especialmente considerando que a injeção representa o núcleo central da fabricação de utensílios termoplásticos. As falhas observadas ao longo do processo como problemas hidráulicos, elétricos, variações térmicas, desgaste de moldes e lubrificação inadequada mostraram que grande parte das paradas não programadas poderia ser evitada por meio de medidas simples, porém sistemáticas, de manutenção preventiva e preditiva. A análise dos tempos de setup, das trocas de moldes e das microparas evidenciou gargalos significativos que afetam diretamente o fluxo da produção e a estabilidade operacional das injetoras. A mensuração do OEE reforçou esse cenário ao indicar perdas relevantes de disponibilidade, performance e qualidade, apontando com clareza os pontos que requerem intervenção prioritária para recuperar o desempenho esperado do setor de injeção.

As propostas de melhoria desenvolvidas ao longo deste trabalho mostram que a adoção de práticas estruturadas como padronização de rotinas, criação de checklists, treinamento contínuo dos operadores, integração entre setores e uso de indicadores visuais constitui um caminho sólido para fortalecer a gestão do setor de injeção. Quando os operadores participam da inspeção, limpeza e monitoramento das máquinas, cria-se um ambiente mais seguro, estável e confiável, reduzindo falhas por descuido operacional e aumentando o senso de responsabilidade coletiva. A implantação de um programa de manutenção preventiva, associada ao uso de tecnologias de monitoramento e ao alinhamento entre produção e PCP, tende a gerar resultados imediatos, refletindo diretamente na redução das paradas e no aumento da produtividade.

Os resultados alcançados neste estudo reforçam que o desempenho do setor de injeção não depende apenas da tecnologia instalada, mas da capacidade de integrar pessoas, processos e equipamentos em um sistema organizado e orientado para a prevenção. Assim, conclui-se que a adoção das ações recomendadas permitirá elevar a confiabilidade das injetoras, reduzir custos operacionais e consolidar uma cultura de excelência no setor de injeção, servindo como base para um programa contínuo de evolução e aperfeiçoamento dentro do contexto industrial da empresa.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

CHIU, S.; HUANG, C.; MURTY, A. S.; NAIKAN, V. N. A. *Análise dos Custos de Manutenção em Equipamentos Produtivos*. PCM Manutenção, 2011. Disponível em: <https://pcmusina.wordpress.com/2011/04/07/analise-dos-custos-de-manutencao-em-equipamentos-produtivos>. Acesso em: 17 out. 2025.

COSTA, Bruno A. et al. *Manutenção Produtiva Total: Uma Revisão da Literatura dos Artigos do Encontro Nacional de Engenharia de Produção (ENEGEP)*. ResearchGate, 2021. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/355056455_MANUTENCAO_PRODUTIVA_TOTAL_UMA_REVISAO_DE_LITERATURA_DOS_ARTIGOS_DO_ENCONTRO_NACIONAL_DE_ENGENHARIA_DE_PRODUCAO. Acesso em: 17 out. 2025.

HARTMANN, Edward H. *Successful Maintenance Management: A Complete Guide to Effective Maintenance Operations*. New York: Industrial Press, 1992.

MOŁĘDA, Piotr et al. *A Comprehensive Review of Condition-Based Maintenance in the*

Context of Industry 4.0. Sensors, v. 23, n. 13, p. 5970, 2023. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1424-8220/23/13/5970>. Acesso em: 17 out. 2025.

NAKAJIMA, Seiichi. *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*. Cambridge, MA: Productivity Press, 1988.

PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY (PNNL). *Advanced Maintenance Approach: Reliability-Centered Maintenance (RCM)*. Richland: PNNL, 2023. Disponível em: <https://www.pnnl.gov/projects/om-best-practices/advanced-maintenance-approach-reliability-centered-maintenance>. Acesso em: 17 out. 2025.

SALAWU, O. *Maintenance Management and Equipment Reliability in Manufacturing Systems*. *E3S Web of Conferences*, v. 423, 01226, 2023. Disponível em: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2023/67/e3sconf_icmpc2023_01226.pdf. Acesso em: 17 out. 2025.

SANTOS, Leonardo R. dos; FERREIRA, V. R.; COSTA, C. P. *Manutenção Autônoma como Pilar da TPM: Benefícios e Desafios na Indústria de Transformação*. *Semana Acadêmica*, 2020. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_cientifico_6.pdf. Acesso em: 17 out. 2025.

SCAIFE, J.; MUNRO, C.; TANG, J. *Artificial Intelligence in Predictive Maintenance: A Review*. *Journal of Manufacturing Systems*, v. 72, p. 224–241, 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123023007727>. Acesso em: 17 out. 2025.

WESENDRUP, Jan et al. *Integration of Prescriptive Maintenance and Production Planning (PxM + PPC): A Holistic Framework for Industrial Systems*. *International Journal of Prognostics and Health Management*, v. 15, n. 1, p. 1–10, 2024. Disponível em: <https://papers.phmsociety.org/index.php/ijphm/article/view/3839>. Acesso em: 17 out. 2025.

XENOS, Harilaus George. *Gerenciamento da Manutenção Produtiva Total*. São Paulo: Atlas, 1998.

ANEXOS

MATERIAL MAPOFLUXOGRAMA

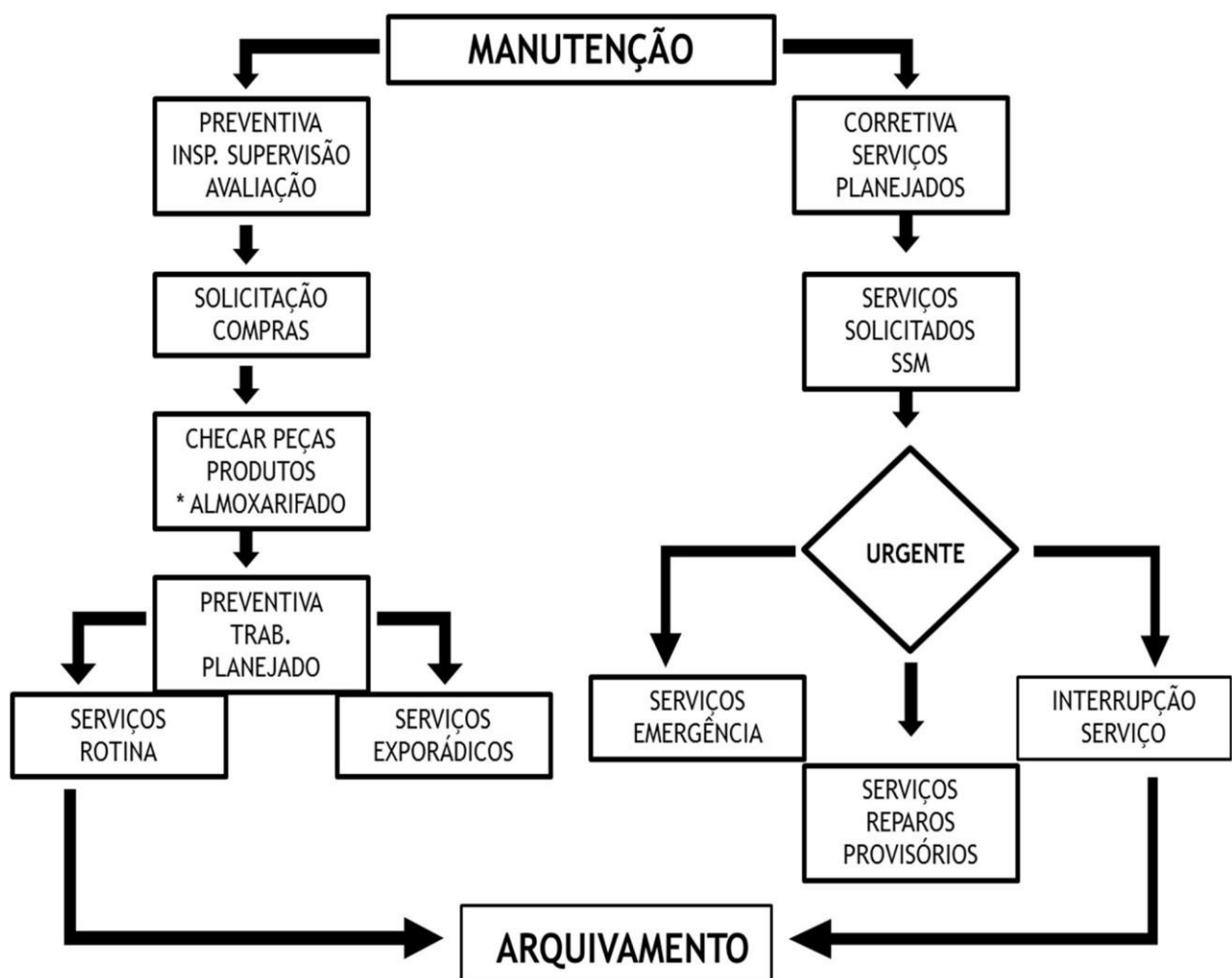


Figura: Fluxograma Geral de Manutenção