



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

JÚLIA DE OLIVEIRA FERREIRA

**MELHORIA DOS INDICADORES DE MANUTENÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
TERMOPLÁSTICA A PARTIR DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA TPM
(*TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE*).**

Recife
2023

JÚLIA DE OLIVEIRA FERREIRA

**MELHORIA DOS INDICADORES DE MANUTENÇÃO EM UMA INDÚSTRIA
TERMOPLÁSTICA A PARTIR DA IMPLEMENTAÇÃO DA METODOLOGIA TPM
(*TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE*).**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco como requisito para a obtenção do título de Engenheira Mecânica.

Orientador: DSc. Antônio Marques da Costa Soares Júnior

Recife
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Ferreira, Júlia de Oliveira.

Melhoria dos indicadores de manutenção em uma indústria termoplástica a partir da implementação da metodologia TPM (Total Productive Maintenance) / Júlia de Oliveira Ferreira. - Recife, 2023.

67p. : il., tab.

Orientador(a): Antônio Marques da Costa Soares Júnior

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia Mecânica - Bacharelado, 2023.

Inclui referências, apêndices, anexos.

1. Manutenção Produtiva Total. 2. Manutenção Autônoma. 3. Manutenção Planejada. 4. Indústria Termoplástica. 5. Eficiência Global do Equipamento. I. Júnior, Antônio Marques da Costa Soares. (Orientação). II. Título.

670 CDD (22.ed.)



**Universidade Federal de Pernambuco
Departamento de Engenharia Mecânica Centro de
Tecnologia e Geociências- CTG/EEP**



**ATA DE SESSÃO DE DEFESA DE
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO – TCC2**

Ao 26.º dia do mês de setembro do ano de dois mil e vinte e três, às 10:00 horas, de forma virtual através da plataforma google meet, reuniu-se a banca examinadora para a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco, intitulado **Melhoria dos indicadores de manutenção em uma indústria termoplástica a partir da implementação da metodologia TPM (Total Productive Maintenance)**, elaborado pela aluna **Julia de Oliveira Ferreira**, matrícula 20150001996, composta pelos avaliadores Prof. **Antônio Marques da Costa Soares Júnior** (orientador), Profa. **Marcele Elisa Fontana** (avaliadora) e Prof. **Marcus Costa de Araújo** (avaliador). Após a exposição oral do trabalho, a candidata foi arguida pelos componentes da banca que em seguida reuniram-se e deliberaram pela sua aprovação, atribuindo-lhe a média 9,5 (nove e meio), julgando-a apta(a) / inapta() à conclusão do curso de Engenharia Mecânica. Para constar, redigi a presente ata aprovada por todos os presentes, que vai assinada pelos membros da banca.

Orientador: Prof. Antônio Marques da Costa Soares Júnior Nota: 9,5

Assinatura _____

Avaliadora Interna: Profa. Marcelle Elisa Fontana Nota: 9,5

Assinatura _____

Avaliador Interno: Prof. Marcus Costa de Araújo Nota: 9,5

Assinatura _____

Recife, 26 de setembro de 2023.

Prof. Marcus Costa de Araújo
Coordenador de Trabalho de Conclusão de curso - TCC
Curso de Graduação em Engenharia Mecânica – CTG/EEP-UFPE

Agradecimentos

À Deus, que me deu forças e saúde para superar todos os momentos de dificuldade aos quais me deparei durante toda a jornada acadêmica.

Em especial, aos meus pais e irmãos, por terem concedido todo o apoio e incentivo durante os anos de faculdade.

Aos meus amigos, que foram essenciais para que essa trajetória fosse mais leve.

Aos colegas de trabalho, por todo o conhecimento fornecido para o desenvolvimento dessa monografia, bem como, aos gestores da empresa, por terem me dado oportunidades para o meu crescimento pessoal e profissional.

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

Resumo

Com o mercado mais globalizado e competitivo, cada vez mais as empresas têm a necessidade de se adequarem as crescentes exigências dos clientes. Fatores como os custos e a qualidade são tidos como primordiais nesse mercado concorrido. No entanto, outro fator de suma importância no setor produtivo é a manutenção. Ela deve atuar de forma integrada com as demais áreas, pois impacta diretamente na competitividade, produtividade e qualidade dos produtos. Nesse âmbito, considera-se que uma metodologia adequada, a qual possibilita a aquisição de bens e serviços com uma maior qualidade e por um custo adequado, é primordial para suprir as necessidades da indústria e aumentar a eficiência do processo produtivo. Logo, diante desse cenário, O Total Productive Maintenance (TPM) , ou Manutenção Produtiva Total, veio como ferramenta na manutenção preventiva, focada na identificação, priorização e eliminação de perdas nos setores produtivos. No Brasil, a indústria termoplástica é o terceiro maior empregador da indústria de transformação. Então, para se manter no mercado competitivo, as empresas termoplásticas também buscam métodos para otimizar os custos e desperdícios, implementando os princípios da manutenção produtiva total (TPM). Em vista disso, a indústria termoplástica abordada nesse estudo, aceitou participar do programa TPM, onde o objetivo deste trabalho foi desenvolver um programa de melhoria da manutenção em uma empresa do setor de injeção, no que se refere aos seus indicadores, com o auxílio dos pilares Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada da metodologia TPM. Em termos metodológicos, essa pesquisa caracteriza-se como exploratória e descritiva, pois envolve levantamentos bibliográficos, bem como, fazer associações entre as variáveis de manutenção e indicadores de Disponibilidade, Desempenho, Qualidade e Eficiência Global do Equipamento (OEE). Conclui-se que a implantação do TPM evidenciou ganhos, como o aumento da Disponibilidade em 10%, redução de custos de manutenção em 5% e aumento do indicador OEE em 22%. Logo, a metodologia auxiliou na redução do número de intervenções na máquina, no aumento de capacitação técnica dos operadores e principalmente na maximização da eficiência fabril.

Palavras-chaves: Manutenção Produtiva Total. Manutenção Autônoma. Manutenção Planejada. Indústria Termoplástica. Eficiência Global do Equipamento.

Abstract

With the more globalized and competitive market, more and more companies have the need to adapt to the growing demands of customers. Factors such as costs and quality are considered paramount in this competitive market. However, another extremely important factor in the production sector is maintenance. It must act in an integrated manner with other areas, as it directly impacts the competitiveness, productivity and quality of products. In this context, considering that an appropriate methodology, which allows the acquisition of goods and services with higher quality and at an adequate cost, is essential to meet the needs of the industry and increase the efficiency of the production process. Therefore, given this scenario, Total Productive Maintenance (TPM) came as a preventive maintenance tool, focused on identifying, prioritizing and eliminating losses in the productive sectors. In Brazil, the thermoplastic industry is the third largest employer in the manufacturing industry. So, to stay in the competitive market, thermoplastic companies also look for methods to improve costs and waste by implementing the principles of total productive maintenance (TPM). In view of this, the thermoplastic industry covered in this study agreed to participate in the TPM program, where the objective of this work was to develop a maintenance improvement program in a company in the injection sector, with regard to its indicators, with the help of pillars of Autonomous Maintenance and Planned Maintenance of the TPM methodology. In methodological terms, this research is characterized as exploratory and descriptive, as it involves bibliographical surveys, as well as making associations between maintenance variables and indicators of Availability, Performance, Quality and Overall Equipment Effectiveness (OEE). It is concluded that the implementation of TPM demonstrated gains, such as an increase in Availability by 10%, a reduction in maintenance costs by 5% and an increase in the OEE indicator by 22%. Therefore, the methodology helps to reduce the number of interventions on the machine, increase the technical training of operators and mainly maximize manufacturing efficiency.

Keywords: Total productive maintenance. Autonomous maintenance. Planned Maintenance. Thermoplastic Industry. Overall Equipment Effectiveness.

Lista de abreviaturas e siglas

TPM	Manutenção Produtiva Total
PCM	Planejamento e Controle de Manutenção
JIT	Just in Time
STP	Sistema Toyota de Produção
RCM	Manutenção Centrada na Confiabilidade
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
abnTeX	Absurdas Normas para TeX
TDF	Testes de Detecção e Falha
JIPM	Japanese Institute of Plant Maintenance
MTTR	Mean Time To Repair ou Tempo Médio para Reparo
MTBF	Mean Time Between Failures ou Tempo Médio Entre Falhas
TMPF	Tempo Médio Para Falha;
OEE	Overall Equipment Effectiveness
LUP	Lição de Um Ponto
SAP	Desenvolvimento de Programas para Análise de Sistema

Lista de ilustrações

Figura 1 – Evolução da Manutenção	18
Figura 2 – Resultados x Tipos de Manutenção	20
Figura 3 – Pilares TPM (Manutenção Produtiva Total).	25
Figura 4 – Os sete passos da Manutenção Autônoma.	31
Figura 5 – Capacitação dos operadores.	32
Figura 6 – Tipos de etiquetas da Manutenção Autônoma.	33
Figura 7 – Atividades de Manutenção Planejada	36
Figura 8 – Os seis passos da Manutenção Planejada	37
Figura 9 – Organograma da Unidade Produtiva da Empresa	40
Figura 10 – Passos para a Implementação da Manutenção Autônoma e Planejada	41
Figura 11 – Estrutura de promoção para a manutenção autônoma e planejada.	44
Figura 12 – Máquina Piloto - Injetora Rotativa.	45
Figura 13 – Distribuição das Equipes para Limpeza Inicial.	46
Figura 14 – Mapeamento de Etiquetas.	47
Figura 15 – Priorização de Etiquetas.	47
Figura 16 – Documento Antes x Depois: Eliminação das FS e LDA	49
Figura 17 – Padrão de Limpeza	50
Figura 18 – Padrão de Inspeção	50
Figura 19 – Controles Visuais	51
Figura 20 – Cadastro de Lista de Peças da Máquina piloto.	53
Figura 21 – Fluxograma para decisão de nível de criticidade ABC da máquina.	54
Figura 22 – Matriz de criticidade da máquina piloto.	55
Figura 23 – Fluxo de Etiquetas Vermelhas.	56
Figura 24 – Exemplo de análise de quebra e falha.	57
Figura 25 – Gerenciamento de Etiquetas	58
Figura 26 – Gráfico de Anomalias Resolvidas	59
Figura 27 – Gráfico de MTTR	60
Figura 28 – Gráfico de MTBF	61
Figura 29 – Resultado dos índices de OEE	61
Figura 30 – Gráfico comparativo de OEE	62
Figura 31 – Custo de Manutenção	63

Lista de Quadros

1	As oito grandes perdas	23
2	Etapas de Implementação da TPM.	28
3	Etapas de desenvolvimento do pilar Manutenção Planejada.	38
4	Identificação das FS e LDA.	48
5	Matriz para avaliação de Criticidade dos Ativos.	54

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	OBJETIVOS	13
1.1.1	Objetivo Geral	13
1.1.2	Ojetivo Específico	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	CONCEITO DA MANUTENÇÃO	16
2.2	EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO	16
2.3	TIPOS DE MANUTENÇÃO	18
2.4	MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL	21
2.4.1	História e conceitos da TPM	21
2.4.2	Objetivos da TPM	22
2.4.3	As grandes Perdas	23
2.4.4	Metodologia 5S	24
2.4.5	Os Pilares da TPM	24
2.4.6	Implantação da TPM	27
2.5	INDICADORES DE MANUTENÇÃO	27
2.5.1	Tempo médio de reparos - MTTR	29
2.5.2	Tempo médio entre falhas - MTBF	29
2.5.3	OEE - Overall Equipment Effectiveness	29
2.6	O PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA	31
2.6.1	Etapas de Implementação da Manutenção Autônoma	31
2.6.1.1	Passo 1 - Limpeza Inicial	32
2.6.1.2	Passo 2 - Eliminação de Fontes de Sujeiras e Locais de Difícil Acesso	33
2.6.1.3	Passo 3 - Padrões Provisórios	34
2.6.1.4	Passo 4 - Inspeção Geral	34
2.6.1.5	Passo 5 - Inspeção Autônoma	35
2.6.1.6	Passo 6- Padronização	35
2.6.1.7	Passo 7 - Autocontrole	36
2.7	O PILAR DE MANUTENÇÃO PLANEJADA	36
2.7.1	Etapas de Implementação da Manutenção Planejada	37
3	METODOLOGIA	39

3.1	CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	39
3.2	CAMPO DE PESQUISA	39
3.3	PROCEDIMENTOS DA PESQUISA	40
3.4	COLETA E TRATAMENTO DE DADOS	42
3.5	A CRIAÇÃO DA ESTRUTURA DE PROMOÇÃO DOS PILARES MA E MP	43
3.6	A ESCOLHA DA MÁQUINA PILOTO	44
4	RESULTADOS	46
4.1	IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA	46
4.1.1	Etapa 01 do MA: Limpeza Inicial	46
4.1.2	Etapa 02 do MA: Fontes de Sujeiras (FS) e Locais de difícil acesso (LDA)	48
4.1.3	Etapa 03 do MA: Padrões Provisórios	49
4.1.4	Etapa 04 do MA: Inspeção Geral	51
4.2	IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DE MANUTENÇÃO PLANEJADA	52
4.2.1	Etapa 01 do MP: Avaliar e entender a situação atual	52
4.2.2	Etapa 02 do MP: Restaurar as anomalias e melhoria dos pontos fracos de projeto	55
4.2.3	Etapa 03 do MP: Estabelecer um sistema de gestão de informação	56
4.2.4	Etapa 04 do MP: Estruturação de um sistema de manutenção periódica	57
4.2.5	Etapa 05 do MP: Estruturação de um sistema de manutenção Preditiva	57
4.2.6	Etapa 06 do MP: Avaliação do sistema de manutenção planejada	58
4.3	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS	59
5	CONCLUSÃO	64
5.1	CONTRIBUIÇÕES	64
5.2	LIMITAÇÕES E FUTUROS TRABALHOS	65
	REFERÊNCIAS	66

1 INTRODUÇÃO

Devido à crescente competitividade entre as empresas, a busca por prevenir a não conformidade nos produtos, aumentar a disponibilidade e confiabilidade dos seus ativos e garantir a satisfação do cliente tornaram-se desafios comuns para as indústrias que pretendem permanecer no mercado. Segundo Juran (1991), todas as áreas corporativas devem estar envolvidas na busca pela qualidade, não só o setor produtivo. Nesse contexto, muitas organizações investem no desenvolvimento de novas ferramentas de qualidade e metodologias que maximizam a eficiência do processo produtivo e que de forma integrada atinjam o Nível Classe Mundial.

Mapear as áreas potenciais para a aplicação de metodologias e ferramentas é a chave para alcançar os resultados esperados. Nesse sentido, a manutenção é um setor estratégico para a competitividade no mercado pois, se uma máquina ou equipamento parar de funcionar, impactará, diretamente, na produtividade da empresa. Portanto, a manutenção atua a partir de ações e procedimentos voltados a evitar a ocorrência e reincidência de defeitos ou falhas nas máquinas e equipamentos, restaurando suas condições de base e conseqüentemente aumentando a disponibilidade dos ativos.

Por outro lado, devido a sua extrema versatilidade, desde um simples artefato até aqueles de alta tecnologia, cada vez mais o plástico está inserido nos setores fabris. De acordo com dados da ABIPLAST (2020), as indústrias no setor de plástico no Brasil correspondem a um total 10.891mil empresas e 326.759 trabalhadores (dados de 2020). Esse crescimento coloca o setor de plásticos como o quarto maior empregador da indústria de transformação brasileira. Nesse contexto, as indústrias termoplásticas buscam constantemente se destacarem no mercado global e competitivo, produzindo cada vez mais, com maior qualidade, maximizando a eficiência do sistema produtivo e aproveitando de todos os recursos existentes.

Diante desse cenário, uma empresa de fabricação de componentes termoplásticos, situada no estado de Pernambuco, visando alcançar melhores resultados, verificou a possibilidade de aumento da sua eficiência produtiva a partir do aumento da eficiência dos seus equipamentos. Apesar de já possuir uma manutenção estruturada, foram verificados problemas de manutenção que impactavam no seu desempenho e produtividade. Tais problemas puderam ser identificados a partir da análise dos indicadores de manutenção e produção, que demonstraram baixa eficiência global, comprometimento da produção planejada, alto custo de manutenção e KPI's abaixo da meta.

No intuito de reverter essa situação foi considerada a hipótese de que a metodologia TPM (Total Productive Maintenance), ou Manutenção Produtiva Total, poderia ser a base para a implementação de um programa de melhoria da manutenção na empresa.

O TPM, como ferramenta na manutenção preventiva, visa maximizar o ciclo total de vida útil dos equipamentos, identificar e eliminar todas as perdas e desperdícios, acidente zero e buscar a máxima eficiência do sistema de produção, aproveitando todos os recursos existentes.

Logo, a metodologia do Sistema Toyota de Produção, permite estabelecer uma clara relação entre os objetivos estratégicos da organização e a forma como alcançá-los. Ou seja, o TPM é um método de gestão focado na eliminação de perdas nos processos produtivos e administrativos.

Ribeiro (2003) destaca que, a eficiência da manutenção está relacionada com sua correta utilização. Sendo assim, definir estrategicamente atividades de manutenção adequadas é o fator decisivo para obter excelência nos processos e atingir resultados satisfatórios.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um programa piloto de melhoria da manutenção da empresa, no que se refere aos seus indicadores, com o auxílio dos pilares Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada da metodologia TPM (Total Productive Maintenance).

1.1.2 Objetivo Específico

Com a finalidade de alcançar o objetivo geral, as seguintes atividades constituíram os objetivos específicos desta monografia:

- Definir o equipamento modelo que apresente as características mais adequadas para implementação dos pilares considerados;
- Estabelecer um plano de Inspeção e Limpeza para a máquina piloto;
- Analisar a implementação da TPM (*Total Productive Maintenance*), no equipamento modelo, a partir dos resultados obtidos para os indicadores MTBF (*Mean Time Between Failures*) e MTTR (*Mean Time To Repair*);
- Calcular os indicadores de Disponibilidade, Desempenho e Qualidade visando a determinação do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) da máquina piloto;
- Realizar um estudo comparativo referente ao custo de manutenção, antes e após a implementação da metodologia.

1.2 JUSTIFICATIVA

A metodologia TPM vem sendo utilizada em diferentes indústrias e sistemas produtivos, empresas como: Yamaha, Alcoa, Pirelli Pneus, Texaco do Brasil, FIAT, Ambev, entre outras, tomaram a TPM como fonte de cultura e evolução organizacional (RIBEIRO, 2004).

No Brasil, a indústria termoplástica é o terceiro maior empregador da indústria de transformação (ABIPLAST, 2020). Esse processo de fabricação é vantajoso, devido ao ciclo de produção ser relativamente baixo, possibilitando um maior ritmo de produção, além de ser um processo capaz de produzir peças com formas e geometrias complexas e garantindo um ótimo acabamento (SERGIO, 2017). Logo, para se manter no mercado competitivo, as empresas termoplásticas também buscam métodos para otimizar os custos e desperdícios, implementando os princípios da manutenção produtiva total (TPM) para maximizar a eficiência do processo produtivo.

A SIMOLDES PLÁSTICOS, fundada em 1981, é um grupo de empresas de injeção de termoplásticos, com principal atividade na indústria automotiva. Atualmente, os principais clientes do grupo são: Renault, Volvo, Volkswagen, Audi, Nissan, Toyota, Honda, BMW, Mercedes-Benz, entre outras marcas (SIMOLDES, 2016). Em 2016, a empresa iniciou o projeto de implementação do TPM, onde a máquina piloto escolhida para implantação da metodologia, foi uma injetora hidráulica. Foi implementado todos os pilares da metodologia TPM, com maior ênfase nos pilares de manutenção autônoma e planejada. Ao longo de um estudo de 08 meses, já foi possível comprovar uma evolução da eficiência global da máquina, chegando a uma média acima de 99%, pouco mais de 1% em relação aos meses antes da implementação (SERGIO, 2017). Por mínimo que seja o aumento da eficiência, já é uma evolução positiva, tendo em vista que a SIMOLDES já possuía um sistema de manutenção estruturado e a metodologia TPM veio como forma de padronizar todo o processo de manutenção, tornando a equipe operacional mais autônoma e reduzindo o índice de manutenção corretiva nas máquinas.

Conforme pesquisa de Azevedo (2018), em 2013, uma determinada empresa que atua no segmento termoplástico na cidade de Maringá, no Paraná, implementou os conceitos da metodologia TPM em sua linha de produção. A empresa é composta por 50 máquinas injetoras que produzem produtos para diversas marcas, como: Unilever, Coca-Cola, Nestlé, entre outras. No decorrer de cinco anos de implementação, a empresa conseguiu aumentar o índice de disponibilidade da sua linha de produção em mais de 200 horas mensais, que correspondem, percentualmente, a um ganho de 36% ao mês. Essas horas disponíveis revertidas em faturamento, representam um ganho mensal de R\$ 172.240,77. Logo, com o aumento da disponibilidade das máquinas, a empresa não precisou investir em novos maquinários para aumentar a capacidade da produção.

A empresa do presente estudo sofre grande pressão para aumentar a produtividade, disponibilidade e confiabilidade dos seus ativos, bem como, reduzir desperdícios, e conseqüentemente, reduzir seus custos. Nesse contexto, 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, tendo em vista que a empresa também se preocupou em analisar resultados satisfatórios em outras empresas do mesmo segmento.

1.3 ESTRUTURA DO TRABALHO

A estrutura do trabalho é constituída por quatro capítulos. O primeiro capítulo apresenta a introdução ao tema, onde foi realizada a contextualização do tempo, o problema de pesquisa, as metodologias aplicadas ao estudo e, por fim, os objetivos principal e específicos a serem alcançados com a conclusão desta pesquisa.

No capítulo seguinte é apresentada o referencial teórico no qual foi abordado o conceito da manutenção, bem como, sua evolução ao longo do tempo. Também são aprofundadas a metodologia da Manutenção Produtiva Total juntamente com seus pilares de sustentação, onde os Pilares de Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada são detalhados de forma mais completa. O intuito deste capítulo é promover uma melhor compreensão sobre os assuntos desenvolvidos

Na metodologia foi apresentado uma contextualização do campo de pesquisa, os procedimentos empregados para realização da pesquisa, as ferramentas utilizadas e como foram realizados as coletas e tratamento de dados.

O capítulo quatro apresenta todo o processo para implementação dos pilares de Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada na célula de Injetora, bem como, os resultados obtidos com a realização da pesquisa.

No quinto e última capítulo são apresentadas as considerações finais desta pesquisa, onde serão analisados os resultados alcançados em relação os objetivo proposto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo será abordado uma revisão bibliográfica dos temas e conceitos aplicados ao tema da pesquisa, com o intuito de promover uma melhor compreensão sobre os assuntos desenvolvidos. Especificamente, os principais tópicos discutidos estão relacionados com a manutenção industrial, gestão de manutenção, ferramentas e metodologias aplicáveis que permitem realizar uma análise qualitativa e quantitativa dos resultados.

2.1 CONCEITO DA MANUTENÇÃO

No final do século XIX, mediante a mecanização das indústrias e o aumento de produção, surge o conceito de manutenção. Com a fabricação e instalação de máquinas extremamente robustas, tem-se a necessidade de protegê-las contra quebras e falhas, a fim de evitar a parada da linha de produção das fábricas e garantir a maior disponibilidade do equipamento. Logo a manutenção surge como forma de impedir a deterioração dos equipamentos, causada pelo seu desgaste natural ou físico.

Segundo a norma ABNT NBR5462 (1994), manutenção é definida como a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida. Ou seja, garante que uma máquina ou equipamento continuem a desempenhar as funções para as quais foram projetados, assegurando aspectos como, confiabilidade, manutenibilidade e produtividade.

As atividades de manutenção resultam de ações tomadas no dia-a-dia para prevenir ou corrigir eventuais anomalias ou falhas detectadas nos equipamentos pelos operadores da produção ou pelas equipes de manutenção. Essas ações podem ser uma simples lubrificação, o reparo de uma falha, a substituição periódica de uma peça ou uma grande reforma no equipamento (XENOS, 2009).

2.2 EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO

Para Kardec e Nascif (2009), a evolução da manutenção pode ser analisada através de três gerações. No entanto, de acordo com Teles (2019a) com as grandes revoluções ao longo do tempo o departamento de manutenção atravessou quatro grandes fases, denominadas "Gerações da Manutenção".

Conforme Moubrey (1997), a Primeira Geração abrange um período que antecede a II Guerra Mundial. Devido ao baixo recurso e desenvolvimento tecnológico, a indústria era pouco mecanizada e os equipamentos eram lentos e superdimensionados, sendo mais confiáveis e simples de consertar. Sendo assim, nesse período, as atividades de manutenção não eram tratadas como

prioridade, eram realizadas apenas em casos de quebra/falha, caracterizando essa Era como sendo da manutenção corretiva não planejada.

A 2ª Geração da Manutenção vai desde a Segunda Guerra Mundial até meados dos anos 60. As pressões oriundas da Segunda Guerra exigiam uma larga escala na demanda por diversos tipos de produtos. As indústrias passaram a investir em novas tecnologias para acelerar o processo produtivo, ou seja, esse período foi marcado por um aumento da mecanização, bem como da complexidade das instalações industriais. Em contrapartida, houve uma redução considerável em mão de obra (MOUBRAY, 1997).

Nesse período é evidente que para garantir as altas demandas na produção seria necessário manter uma maior disponibilidade das máquinas e equipamentos. Então, visando o bom funcionamento das máquinas, onde as falhas e quebras poderiam ser evitadas, surge o conceito de manutenção preventiva, onde as manutenções eram realizadas em um intervalo fixo. O custo de manutenção elevou-se consideravelmente em comparação com outros custos operacionais. Logo, baseado nesse cenário, foram desenvolvidos sistemas de planejamento e controle de manutenção (KARDEC; NASCIMENTO, 2009).

A terceira geração iniciou-se a partir da década de 1970, com a utilização do sistema *Just in Time* (JIT). Esse termo significa na "hora certa" ou no "momento certo" e visa auxiliar na redução de estoques e custos decorrentes do processo produtivo. Segundo Moubray (1997), cada paralisação da produção, reduz a capacidade de produção/entrega, elevando os custos e impactando diretamente na qualidade de produto. Até mesmo pequenas paradas inesperadas devem ser evitadas.

Nesta Era, o crescimento da automação e da mecanização indicam que a confiabilidade e disponibilidade são fatores essenciais para a eficiência produtiva. Com isso, essa geração teve como marco a implementação do Sistema Toyota de produção (STP), baseado na produção enxuta através da eliminação de perdas e desperdícios na cadeia produtiva. A partir da década de 80 é iniciada a terceira geração com a introdução do TPM - Manutenção Produtiva Total (LIZMAYER, 2015).

Otimizar o tempo de detecção e reparos de falhas eram prioridades, então neste período da década de 80, a tecnologia da informação toma grande proporção na indústria e conseqüentemente dissemina-se a utilização da microcomputação, comandos lógicos programáveis e eletropneumática (TELES, 2019b). Mediante a este cenário surge a Engenharia da Manutenção, que são equipes responsáveis por desenvolver critérios de predição ou previsão de falhas, visando a otimização da atuação das equipes de execução de manutenção. Esses critérios, ficaram conhecidos como Manutenção Preditiva (TAVARES, 1998).

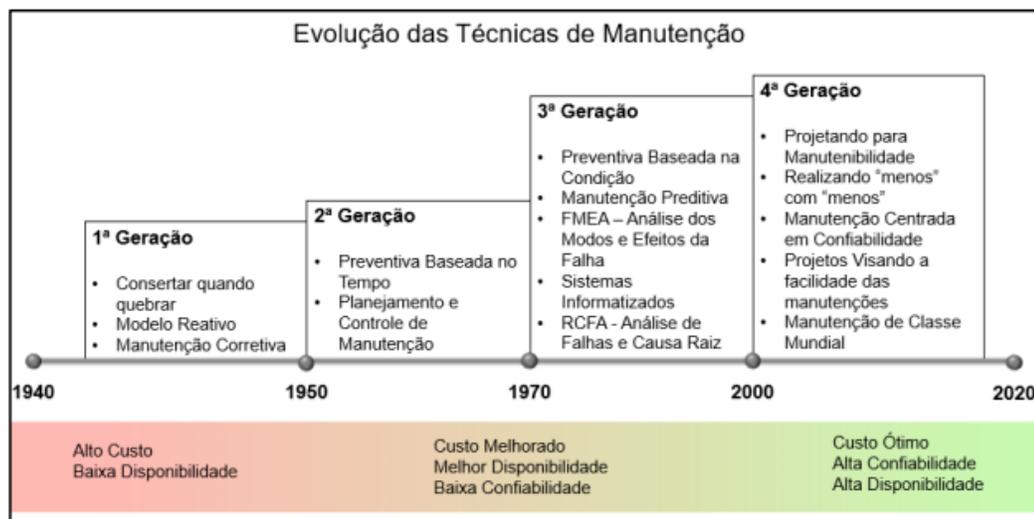
Outra importante técnica de manutenção foi desenvolver ferramentas de suporte às decisões, ou seja, criar uma nova concepção sobre os riscos e modos de falhas em equipamentos, instalações e ativos industriais (LIZMAYER, 2015). A partir da percepção dessas novas técnicas, surge o conceito de RCM ou Manutenção Centrada na Confiabilidade. Para Teles (2019b), pode-se dizer que a Manutenção Centrada na Confiabilidade consiste na seleção de estratégias de manutenção

para cada ativo, visando manter um determinado processo em funcionamento de forma confiável, segura e dentro dos parâmetros estabelecidos.

A 4ª geração ocorre na virada do século XX para o século XXI, mais especificamente em meados dos anos 2000. Na quarta geração, a manutenção passou a ser ainda mais estratégica. O conceito em manter a disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos ativos se inicia antes do equipamento nascer, ainda na fase de projeto (TELES, 2019a).

A Figura 1, apresenta um breve resumo a respeito da evolução da manutenção ao longo do tempo.

Figura 1 – Evolução da Manutenção .



Fonte: Teles, 2019

2.3 TIPOS DE MANUTENÇÃO

Os tipos de manutenção são caracterizados a partir do método pela qual é feita a intervenção nos equipamentos. Para a tomada de decisão sobre qual manutenção deverá ser aplicada, se faz necessário um conhecimento técnico à respeito do tema. Logo, nesta pesquisa, serão descritas seis práticas básicas de manutenção, consideradas como principais por diversas literaturas. São elas: manutenção corretiva planejada e não-planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva e engenharia de manutenção.

- **Manutenção Corretiva:** A manutenção corretiva tem como objetivo restabelecer o funcionamento das máquinas e equipamentos após a ocorrência de uma falha. Sendo assim, a ação principal da manutenção corretiva é restaurar as condições de base da máquina ou equipamento. Segundo Slack (2002) significa deixar as instalações continuarem a operar até que

quebrem”. O trabalho de manutenção é realizado somente após a quebra do equipamento ter ocorrido.

A manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes: Manutenção corretiva planejada e não planejada. A manutenção corretiva planejada é quando a correção da falha se faz devido à um acompanhamento preditivo, ou seja, ela é previsível. Já a manutenção Corretiva não planejada é quando de fato a máquina sofre uma falha que resulta em parada, ou seja, não é previsível.

Em relação ao custo de manutenção, a manutenção corretiva é mais barata do que prevenir falhas nos equipamentos. No entanto, as paradas não programadas afetam diretamente a produção e a confiabilidade do equipamento. Logo, se faz necessário detectar a causa raiz dessas falhas, para que não se tornem recorrentes.

- **Manutenção Preventiva:** A manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar falha ou queda de desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo (KARDEC; NASCIF, 2009). A manutenção preventiva visa reduzir as incidências de falhas nas máquinas aplicando limpeza, lubrificação, troca ou reparo de peças em um tempo pré-determinado, ou seja, são todas atividades atribuídas as máquinas que não estejam em falha.
- **Manutenção Preditiva:** Segundo a norma NBR5462 (1994), a manutenção preditiva permite garantir uma qualidade de serviço desejada, com base na aplicação sistemática de técnicas de análise, utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir ao mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva. Ou seja, a manutenção preditiva tem como objetivo monitorar máquinas e equipamentos para estimar a próxima ocorrência de falha. Esse acompanhamento é realizado através de controle estatístico ou equipamentos de medição.

Embora tenha um custo elevado, essa manutenção oferece melhores resultados, pois intervém o mínimo possível na planta, visto que as peças e componentes são trocados antes de atingirem seus limites de vida, através de uma previsão de quando esses itens estarão próximos do seu limite de uso.

- **Manutenção detectiva:** Algumas falhas têm um efeito imediato sobre a funcionalidade das máquinas ou equipamentos, como por exemplo, um vazamento de uma vedação em um cilindro hidráulico de uma máquina injetora. No entanto, falhas que não possuem um efeito imediato, ou seja, falhas imperceptíveis, podem gerar danos irreparáveis aos componentes das máquinas e equipamentos. Nesse sentido, originou-se o conceito de Manutenção Detectiva. Segundo Kardec e Nascif (2009), o conceito de Manutenção Detectiva surgiu a partir da década de 90, e pode ser definida como sendo a atuação efetuada em sistemas de proteção

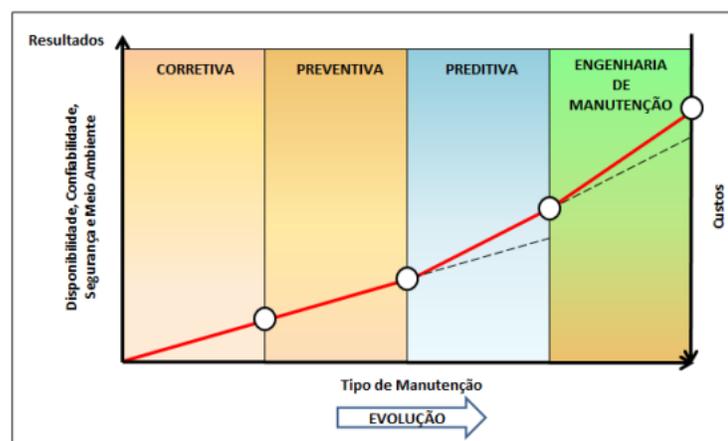
buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção. De modo geral, a Manutenção Detectiva é realizada através de testes de detecção e falha (TDF), ou seja, uma vez detectada a falha, uma corretiva planejada é programada para tratar a anomalia.

- Engenharia da Manutenção: A engenharia de manutenção está ligada a uma quebra de paradigma, relacionada a implantação de melhorias contínuas e mudanças na rotina das atividades da área de manutenção. Kardec e Nascif (2009) afirmam que a Engenharia de Manutenção significa principalmente uma mudança cultural, perseguir benchmarks e aplicar novas técnicas mais modernas.

De modo geral, as atribuições da engenharia de manutenção é desenvolver estratégias de manutenção aplicando técnicas modernas, ou seja, baseadas em novas tecnologias, metodologias e ferramentas de qualidade, a fim de tratar as situações contínuas de mau desempenho das máquinas e equipamentos e conseqüentemente melhorar as condições de qualidade do processo produtivo, reduzir os custos de manutenção, e maximizar a confiabilidade e disponibilidade dos ativos.

Na Figura 2 é possível identificar o resultado esperado para cada tipo de Manutenção relacionados principalmente a disponibilidade, confiabilidade, segurança, meio ambiente e redução de custos. Conforme os dados, é evidente que os resultados obtidos realizando manutenção preditiva e engenharia de manutenção é consideravelmente superior aos demais.

Figura 2 – Resultados x Tipos de Manutenção .



Fonte: KARDEC NASCIF, 2009 (Adaptado)

2.4 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

A Manutenção Produtiva Total - TPM é a ampliação do conceito de Manutenção, pela Manutenção do Sistema de Produção com a participação das pessoas da Operação (KARDEC; NASCIF, 2009). Ou seja, é a manutenção do funcionamento do sistema produtivo da empresa, com a máxima produtividade e com a participação de todos.

2.4.1 História e conceitos da TPM

Segundo Ribeiro (2014), o TPM é o resultado do esforço de empresas japonesas em aprimorar a manutenção preventiva que nasceu nos Estados Unidos na década de 50. Dez anos depois, o Japão evoluiu para o sistema de manutenção da produção. Por volta de 1971, o TPM foi formado no estilo japonês por meio da cristalização de técnicas de manutenção preventiva, manutenção do sistema de produção, prevenção da manutenção e engenharia de confiabilidade.

Para Souza (2008), o TPM ganhou grande importância nas empresas após a criação do Prêmio PM pelo *Japanese Institute of Plant Maintenance* (JIPM). Os primeiros registros de implementação desse tipo de sistema pertencem a empresa integrante do grupo Toyota, Nippon Denso, um fornecedor de partes elétricas para a Toyota.

Segundo Suzuki (1994), o TPM cresceu rapidamente nas indústrias de montagem e foi largamente adotado por empresas da área automobilística, aparelhos eletrodomésticos, fabricantes de semicondutores e componentes eletrônicos. Complementarmente o TPM foi inserido em indústrias de processos contínuos, como refino de petróleo, químicas, aços, alimentos, gás, cerâmicas, cimenteiras, papel, farmacêuticas, metalúrgicas, vidros e pneus.

De acordo com a ENEGEP (2018), a nível global a metodologia despertou grandes interesses pelo fato de que muitas empresas implementavam o programa TPM no seus sistemas produtivos, como no caso de megacorporações como Alcoa, Ford, Kodak, Xerox e Du Pont.

Já no Brasil essa metodologia começou a ser utilizada em 1986, após a visita do Prof. Seiichi Nakajima, para realização de palestras e pela candidatura de algumas empresas brasileiras ao prêmio TPM Awards do JIPM ao longo da década de 90 (ENEGEP, 2018).

Para Ribeiro (2003), no Brasil, muitas empresas vêm adotando o TPM, tendo como base alguns princípios de trabalho em equipe e autonomia, bem como uma abordagem de melhoria contínua para prevenir quebras. Algumas empresas instaladas no Brasil têm o processo de implantação consolidado, inclusive algumas são reconhecidas pelo prêmio da JIPM. São elas: Yamaha, GM, Alcoa, Pirelli Cabos, Pirelli Pneus, Andréas Stihl, Alumar, Texaco do Brasil, FIAT, Copene, Ford, Azaléia, Marcopolo, Multibras, Editora Abril, Votorantin Celulose e Papel, Eletronorte, Gessy Lever, Tilibra, Cervejaria Kaiser, Ambev, entre outras.

Ribeiro (2014) menciona que o TPM tem as seguintes características:

- Um sistema que engloba todo o ciclo de vida útil da máquina e do equipamento.

- Um sistema onde participam a Engenharia, a Produção (incluindo Logística) e a Manutenção.
- Um sistema que congrega a participação de todos os níveis hierárquicos da empresa.
- Processo motivacional na forma de trabalho em equipe.

A letra T, que deriva da palavra total, apresenta os seguintes significados

- Rendimento total das máquinas, proveniente da maximização da Eficiência Global do Equipamento.
- Sistema total, proveniente do enfoque global do envolvimento da Engenharia, Produção e Manutenção.
- Abrangência de todo o ciclo de vida dos equipamentos, desde o projeto conceitual até a sua desativação.
- Participação de todos.

A letra P significa máxima produtividade.

A letra M reflete uma alteração e ampliação do conceito de manutenção na ordem descrita a seguir:

- Conceito primitivo: Manter é consertar o que quebrou.
- Conceito tradicional: Manter é conservar o estado dos equipamentos como na condição de novo. Esta prática não é suficiente para aumentar a receita.
- Conceito evoluído: Manter é conservar o nível máximo do volume de produção. Conquistado pela maior integração entre as funções Operação e Manutenção. Esta prática não é suficiente para gerar lucro.
- Conceito do TPM – Fase 1: Manter é conservar o nível máximo da produtividade (Receita/Custo). Ainda não suficiente para garantir supremacia sobre os concorrentes
- Conceito do TPM – Fase 2: Manter é conservar o ritmo das melhorias, das mudanças e das transformações.

2.4.2 Objetivos da TPM

O TPM objetiva a eficácia da empresa através de maior qualificação das pessoas e melhoramento introduzidos nos equipamentos. Também prepara e desenvolve pessoas e organizações aptas para conduzir as fábricas do futuro, dotadas de automação (KARDEC; NASCIF, 2009).

De forma geral, o principal objetivo do TPM é o fortalecimento da estrutura empresarial através de todas as perdas, acidente zero, quebra zero, entre outros.

2.4.3 As grandes Perdas

Compreender a natureza das perdas é um requisito importante e isto incorre em entender o mecanismo do problema e seus componentes. Somente entendendo esta natureza poderemos eliminar definitivamente as causas do problema.

As causas das perdas sempre estão associadas aos 4M + 1T (Máquina, Método, Material, Mão de obra e Tempo) e podem surgir a qualquer momento em diferentes situações, sejam com fatores de forma isolada ou com a combinação destes fatores.

As oito grandes perdas apresentadas no Quadro 1 não permitem que os equipamentos atinjam seu máximo uso (SUZUKI, 1994).

Perda	Definição	Exemplo
1 – Perda por Parada Programada.	Tempo perdido quando a produção é interrompida para manutenção ou serviço periódico.	Serviços periódicos, inspeções para atendimento a requisitos legais, manutenção geral
2 – Perda por Ajustes de Produção.	Tempo perdido quando há mudanças no tipo de produto fabricado para o plano de produção.	Ajuste do plano de venda, redução de estoque de matéria prima.
3 – Perda por Falha de Equipamentos	Tempo perdido quando o equipamento repentinamente não cumpre suas funções especificadas.	Falta de vazão de bombeamento, motores queimados, rolamentos danificados, eixos quebrados.
4 – Perda por Falha de processo.	Tempo gasto com equipamento parados devido às propriedades químicas ou físicas de materiais em processamento, erros operacionais, matéria prima fora de especificação.	Vazamentos, derramamentos, bloqueio, corrosão, erros de operação.
5 – Perda Normal de produção.	Taxa e tempo perdidos para parada da planta ou troca de produto em fabricação.	Taxa de produção reduzida durante o aquecimento, após partida da planta.
6 – Perda Anormal de Produção.	Taxa de perda ocorrida quando a planta apresenta baixo desempenho devido a anormalidades.	Operação em baixa carga, baixa velocidade e operação está abaixo da taxa de produção padrão.
7 – Perda por Defeito de Qualidade.	Perdas devido a produtos rejeitados, perda física dos produtos rejeitados, perda financeira dos produtos.	Perda física e tempo de produção do material fabricado fora de especificação.
8 – Perda por reprocessamento.	Perdas de reciclagem passando material novamente no processo.	Reciclagem de produtos fora de especificação para que fique dentro de padrões aceitáveis.

Fonte: Adaptado de SUZUKI (1994).

Quadro 1 – As oito grandes perdas

2.4.4 Metodologia 5S

Segundo Kardec e Nascif (2009), o 5S é uma prática originária do Japão, que é aplicada como base para o desenvolvimento do Sistema da Qualidade. De forma geral, o 5S é uma metodologia que busca promover a disciplina através da consciência e responsabilidade de todos.

A base de todo o programa TPM é o 5S. Se uma empresa não tem o 5S implantado e bem difundido, ela não pode partir para a implantação dos pilares (TELES, 2016). Da mesma maneira que a implementação do TPM afeta a cultura organizacional da empresa, a metodologia 5S também exige transformações as quais estão interligadas a todos os setores da empresa, e para isso, todos devem estar engajados para sua implementação.

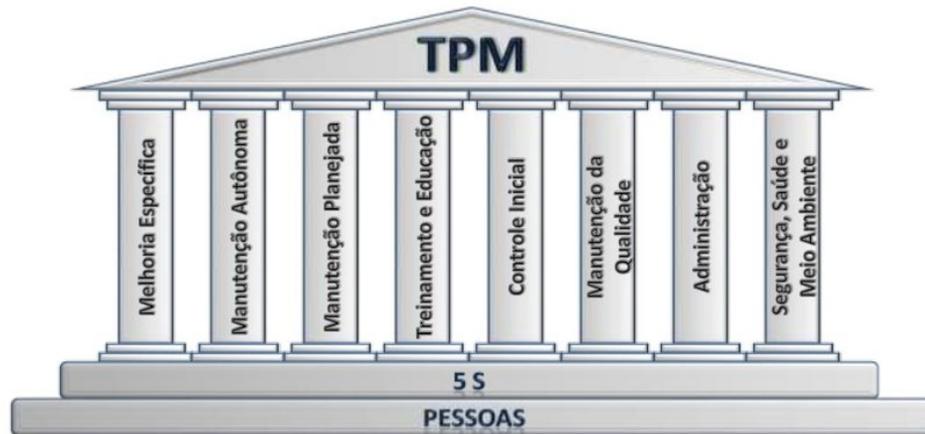
Para Kardec e Nascif (2009), os princípios do 5S são Organização, Ordem, Limpeza, Higiene e Disciplina. Para a aplicação da metodologia são seguidos 5 etapas relacionados com 5 palavras japonesas que começam com a letra S.

- O primeiro S originário do termo em japonês Seiri, significa "Senso de Utilização", Ou seja, separar o útil do inútil, eliminando o necessário.
- O segundo S diz respeito ao termo Seiton e representa o "Senso de Ordenação". Ou seja, consiste em arrumar os itens de forma funcional, definindo um novo layout que possibilite acessar e localizar de forma rápida e fácil, materiais, ferramentas e objetos.
- O terceiro S classificado como Seiso, significa "Senso de Limpeza". Esse princípio diz respeito a manter o ambiente sempre limpo, eliminando as causas de sujeira e aprendendo a não sujar.
- O quarto S é nomeado como Seiketsu, que significa "Senso de Saúde". Trata-se em manter um ambiente de trabalho sempre favorável a saúde e higiene, preocupando-se com a saúde física e mental do colaborador. Também visa manter uniformes, equipamentos e móveis em bom estahdo.
- O último S chama-se Shitsuke, que significa "Senso de Disciplina". Esse princípio tem como propósito fazer dessa metodologia um hábito, transformando os 5S's num modo de vida. Ou seja, é um senso da Autodisciplina, onde cria-se métodos para a prática diária de todos os sentidos.

2.4.5 Os Pilares da TPM

A Figura 3 representa a casa do TPM, onde segundo Kardec e Nascif (2009) a metodologia é apoiada sobre oito pilares. Onde conforme mencionado anteriormente, o programa 5S é a base da metodologia, pois trabalha diretamente com a cultura e mudança de hábito das pessoas.

Figura 3 – Pilares TPM (Manutenção Produtiva Total).



Fonte: Adaptado de (NAKAJIMA, 1989)

Cada pilar possui um conjunto de ferramentas e metodologias com objetivos bem definidos.

- **Melhoria Específica:** Também conhecido como Melhoria Focada, como próprio nome já diz, é focar a melhoria global do negócio (KARDEC; NASCIF, 2009). A melhoria focada é uma atividade de melhoria usada por times multifuncionais, compostas por pessoas como engenheiros de produção, pessoal de manutenção e operadores (SUZUKI, 1994). De forma geral, o pilar se refere as atividades que são desenvolvidas para potencializar a eficiência global dos equipamentos/ processos e diminuir/ eliminar as perdas e desperdícios nas organizações.
- **Manutenção Autônoma:** Na manutenção autônoma, operadores se envolvem em rotinas de manutenção e atividades de melhoria que param com a deteriorização acelerada, controlam a contaminação e ajudam a prevenir problemas com o equipamento (SUZUKI, 1994). Logo, o objetivo do pilar é melhorar a disponibilidade das máquinas e a qualidade dos produtos através do envolvimento dos operadores atribuindo a eles a maioria das responsabilidades sobre o gerenciamento e a manutenção dos equipamentos e ferramental.

Os operadores devem realizar atividades de limpeza, inspeção, lubrificação, identificar anomalias e substituição de alguns componentes ou pequenos reparos.

- **Manutenção Planejada:** Para Kardec e Nascif (2009), manutenção planejada significa ter realmente o planejamento e o controle da manutenção, o que implica em técnicas de planejamento (Software), utilização de um sistema mecanizado de planejamento da programação diária e do planejamento de paradas. A manutenção planejada deveria estabelecer e manter as condições ótimas do processo e do equipamento; ela também deveria ser eficiente e eficaz no custo. Em um programa de desenvolvimento de TPM, a manutenção planejada é a atividade

deliberada, metódica da construção que continuamente melhora tal sistema de manutenção (SUZUKI, 1994).

O pilar tem como objetivo melhorar a confiabilidade e eficiência dos equipamentos, maximizar a vida útil do equipamento, alcançar a quebra zero, reduzir os custos de manutenção bem como, melhorar as habilidades e competência dos colaboradores de manutenção.

- **Treinamento e Educação:** Envolve capacitação técnica, gerencial, comportamental de toda a equipe de produção e manutenção (KARDEC; NASCIF, 2009). É o pilar fundamental para elevar os níveis de conhecimento da organização.

Para Furlan e Leão (2010) as atividades de educação e treinamento dentro do TPM buscam capacitar as pessoas para que elas consigam desempenhar diariamente suas funções de forma eficiente, evitando que erros por falta de capacitação aconteçam.

- **Controle Inicial:** Para Suzuki (1994), à medida que os produtos se diversificam e seus ciclos de vida se tornam mais curtos, cresce a importância de ser encontrar maneiras de tornar mais eficiente o desenvolvimento de novos produtos e o investimento em equipamentos. Logo, o pilar de controle inicial é responsável por estabelecer um sistema de gerenciamento que permita monitorar novos projetos ou equipamentos na fase inicial, a fim de eliminar falhas no primeiro funcionamento.

Ou seja, para que se possa garantir a qualidade do produto é fundamental assegurar que o equipamento de produção seja fácil de utilizar, fácil de manter, altamente confiável, e bem projetado,

- **Manutenção da Qualidade:** A manutenção da qualidade consiste em atividades que estabelecem as condições do equipamento que não produz defeitos de qualidade, com o objetivo de manter o equipamento em condições perfeitas para produzir produtos perfeitos. Os defeitos de qualidade são prevenidos periodicamente pela verificação e mensuração das condições do equipamento e pela verificação de que os valores medidos situam-se dentro da faixa especificada. Os defeitos potenciais de qualidade são previstos pela análise das tendências nos valores medidos, e prevenidos através da realização de medidas com antecedência (SUZUKI, 1994).

Logo o pilar é responsável por implementar melhorias para identificar as falhas os defeitos antes que eles ocorram, ou seja, o foco do pilar é estabelecer um programa de zero defeitos.

- **Administração:** Segundo Suzuki (1994), atividades do TPM nos departamentos de apoio e administrativos não envolvem o equipamento de produção. Esses departamentos aumentam sua produtividade pela documentação dos sistemas administrativos e pela redução das per-

das e dos desperdícios. Eles podem ajudar a levantar a eficácia do sistema de produção pela melhoria de cada tipo de atividade organizada que apóia a produção.

- Segurança, Saúde e Meio Ambiente: Assegurar a confiabilidade do equipamento, prevenir o erro humano, e eliminar acidentes e poluição são doutrinas básicas do TPM (SUZUKI, 1994). Sendo assim, o pilar de Segurança, Saúde e Meio Ambiente tem como propósito o alcance e sustentação do acidente zero, construindo um local saudável para a organização.

Logo, o foco do pilar é desenvolver medidas capazes de proporcionar segurança nos equipamentos, um trabalho seguro, melhorias no ambiente (odores, ruídos e vibrações) e medidas para prevenir a poluição.

2.4.6 Implantação da TPM

Basicamente, a implementação da Metodologia TPM obedece, normalmente ao esquema apresentado no Quadro 2.

2.5 INDICADORES DE MANUTENÇÃO

Indicadores são medidas ou dados numéricos estabelecidos sobre os processos que queremos controlar. A manutenção é vista atualmente, pelas empresas que têm as melhores práticas, como uma atividade que deve proporcionar redução nos custos de produção ou serviços (XAVIER, 2008).

Os indicadores de manutenção são métricas criadas para realizar o controle da manutenção, ou seja, eles são tidos como base para a tomada de decisões estratégicas. Então, através dos indicadores de manutenção é possível acompanhar a evolução dos processos, criando oportunidades de melhorias.

Para a implantação de qualquer indicador, é necessário, que se tenha uma sistemática para coleta e tratativa dos dados. Por exemplo: podemos usar uma ordem de serviço para coleta dos dados e uma planilha eletrônica ou software de manutenção para tratar esses dados e gerar os indicadores (TELES, 2016).

Segundo Viana (2002), existem seis indicadores chamados de “Índices de Classe Mundial” utilizados na maioria dos países do ocidental, são eles:

- MTBF – *Mean Time Between Failures*, no Brasil conhecido com Tempo Médio Entre Falhas;
- MTTR – *Mean Time To Repair*, ou TMR – Tempo Médio para Reparo;
- TMPF – Tempo Médio Para Falha;
- Disponibilidade Física da Maquinaria

- Custo de Manutenção por Faturamento;
- Custo de Manutenção por Valor de Reposição.

Fase	Nº	Etapa	Ações
Preparação	1	Comprometimento da alta administração	- Divulgação da TPM em todas as áreas da empresa - Divulgação através de jornais internos
Preparação	2	Divulgação e treinamento inicial	-Seminário interno dirigido a gerentes de níveis superior e intermediário -Treinamento de Operadores
Preparação	3	Definição do Órgão ou Comitê responsável pela Implementação	-Estruturação e definição das pessoas do Comitê de Implantação
Preparação	4	Definição da Política e Metas	-Escolha das metas e objetivos a serem alcançados
Preparação	5	Elaboração do Plano Diretor de Implantação	-Detalhamento do plano de implantação em todos os níveis
Introdução	6	Outras atividades relacionadas com a introdução	-Convite a fornecedores, clientes e empresas contratadas
Implantação	7	Melhorias em máquinas e equipamentos	-Definição de área e/ou equipamentos e estruturação das equipes de trabalho
Implantação	8	Estruturação da Manutenção Autônoma	- Implementação da Manutenção Autônoma, por etapas, de acordo com o programa - Auditoria de cada etapa
Implantação	9	Estruturação do Setor de Manutenção e Condução da Manutenção Autônoma	-Condução de Manutenção Preditiva - Sobressalentes, Ferramentas e Desenhos
Implantação	10	Desenvolvimento e capacitação de pessoal	-Treinamento de pessoal de operação para desenvolvimento de novas habilidades relativas a manutenção - Treinamento de pessoal de manutenção para análise, diagnóstico, etc. - Formação de líderes - Educação de todo o pessoal
Implantação	11	Estrutura para controle e gestão dos equipamentos numa fase inicial	- Gestão de fluxo inicial - LCC (Life Cycle Cost) - Divulgação através de jornais internos
Consolidação	12	Realização da TPM e seu aperfeiçoamento	-Candidatura ao Prêmio PM - Busca de objetivos mais ambiciosos

Fonte: Adaptado de (KARDEC; NASCIF, 2009)..

Quadro 2 – Etapas de Implementação da TPM.

Com a evolução da manutenção e surgimento da metodologia TPM, outros indicadores de manutenção tornaram-se evidências no processo produtivo, como o indicador OEE - Overall Equipment Effectiveness. Segundo Barros (2009), a eficiência global pode mensurar a eficiência pontuais de equipamentos e até mesmo de uma planta fabril.

Contudo, nessa pesquisa serão abordados os conceitos dos indicadores mais utilizados na manutenção, sendo eles:

2.5.1 Tempo médio de reparos - MTTR

É definido como a divisão da soma de horas disponíveis do equipamento para a operação (HD), pelo número de intervenções corretivas neste equipamento no período (NC), conforme Equação (1) (VIANA, 2002).

$$MTTR = \frac{HD}{NC} \quad (1)$$

Esse indicador de manutenção permite enxergar o comportamento das máquinas e equipamentos. Logo, se a métrica de MTTR for aumentando, indica um fator positivo, pois significa que o número de intervenções corretivas está diminuindo, conseqüentemente haverá um aumento de disponibilidade do ativo.

2.5.2 Tempo médio entre falhas - MTBF

Para Viana (2002), esse indicador é definido como sendo a divisão entre a soma das horas de indisponibilidade para operação devido à manutenção (HIM) pelo número de intervenções corretivas no período (NC), conforme Equação (2).

$$MTBF = \frac{HIM}{NC} \quad (2)$$

Para Gil (2006), este índice serve para determinar a média dos tempos de funcionamento de cada item não reparável ou descartável entre uma falha e próxima falha deste item descartável, ou seja, entre uma manutenção corretiva em que ele foi instalado ou trocado, até a manutenção corretiva onde ele for trocado novamente, devido falha ou ponto preditivo de manutenção.

2.5.3 OEE - Overall Equipment Effectiveness

OEE é o principal indicador de efetividade global de um equipamento, sendo largamente utilizado nas indústrias de manufatura. A sigla OEE é uma abreviação do termo Overall Equipment Effectiveness.

O indicador OEE foi introduzido por Seiichi Nakajima, um dos pais da TPM (Total Productive Maintenance) como uma medida fundamental para se avaliar o desempenho de um equipamento, sendo usado como um dos componentes fundamentais da indústria (OEE, 2023).

Esse indicador utilizado universalmente que exprime, em percentual, a taxa de utilização do ativo. De acordo com Nakajima (1989), 85% é uma meta ideal a ser estabelecida para os equipamentos.

O OEE resulta no produto de três fatores, disponibilidade, desempenho e qualidade. conforme a Equação (3).

$$OEE(\%) = Disponibilidade \times Qualidade \times Desempenho \quad (3)$$

O indicador da disponibilidade é definido como a probabilidade de um determinado equipamento estar disponível para operar quando necessário. Sendo assim o tempo indisponível corresponde ao período em que houve intervenções da manutenção que impediu a produção (VERRI, 2012).

Então, o cálculo de Disponibilidade é basicamente, dividir o índice de MTBF pelas soma dos tempos MTBF e MTTR, conforme Equação (4):

$$DISPONIBILIDADE(\%) = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (4)$$

O índice de desempenho informa quão bem o equipamento produziu enquanto estava operando, ou seja, está diretamente relacionado com a velocidade de operação do equipamento. Logo, o indicador de performance compara a quantidade real produzida (PR) pela quantidade teórica (PT), conforme Equação (5):

$$DESEMPENHO(\%) = \frac{PR}{PT} \quad (5)$$

O fator Qualidade informa o índice de peças boas que saíram de uma determinada quantidade de peças produzidas, sendo calculada conforme Equação (6):

$$QUALIDADE(\%) = \frac{PB}{PB + PD} \quad (6)$$

Onde PB diz respeito a quantidade de peças boas e PD significa peças defeituosas ou ruins.

2.6 O PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

A manutenção autônoma é o pilar que consiste em desenvolver nos operadores o sentimento de propriedade e zelo pelos equipamentos e a habilidade de inspecionar e detectar problemas em sua fase incipiente e até mesmo realizar pequenos ajustes e regulagens (RIBEIRO, 2016).

Então o objetivo do pilar é melhorar a disponibilidade das máquinas e a qualidade dos produtos através do envolvimento dos operadores atribuindo a eles a maioria das responsabilidades sobre o gerenciamento e a manutenção dos equipamentos e do ferramental. Os operadores devem realizar atividades de limpeza, inspeção, lubrificação, identificar anomalias e a substituição de alguns componentes ou pequenos reparos.

2.6.1 Etapas de Implementação da Manutenção Autônoma

A implementação do pilar de manutenção autônoma está estruturada em sete passos (Figura 4), onde para cada nível de evolução se faz necessário um processo de auditoria para certificação. As auditorias de certificação das etapas de manutenção autônoma tem como objetivo verificar se as atividades de cada etapa estão sendo devidamente executadas e se os resultados previstos estão sendo alcançados (RIBEIRO, 2016).

Figura 4 – Os sete passos da Manutenção Autônoma.



Fonte: Adaptado do (SUZUKI, 1994).

Vale ressaltar que cada etapa, requer a atuação conjunta do pilar Educação e Treinamento. Esse, por sua vez, precisa organizar a sistemática de treinamentos e avaliações referentes a capacitação dos operadores, conforme os níveis descritos na Figura 5 .

Figura 5 – Capacitação dos operadores.

7	Autocontrole	Nível 4 - Capacidade para executar pequenos consertos no equipamento.
6	Padronização	Nível 3 - Capacidade de compreender a correlação entre equipamento e qualidade do produto, bem como prever as deficiências de qualidade no produto e as respectivas causas.
5	Inspeção Autônoma	
4	Inspeção Geral	Nível 2 - Capacidade de descobrir o sistema de causas e anormalidades mediante o conhecimento das funções da estrutura do equipamento.
3	Padrões Provisórios	
2	Eliminação de Fontes de Sujeiras e Locais de Difícil Acesso	Nível 1 - Capacidade para detectar defeitos nos equipamentos e a respectiva restauração ou melhoria das anomalias detectadas.
1	Limpeza Inicial	

Fonte: Adaptado do (SUZUKI, 1994).

A seguir são detalhados os sete passos relacionando cada um deles com as atividades a serem executadas.

2.6.1.1 Passo 1 - Limpeza Inicial

A má limpeza dos equipamentos pode trazer grandes prejuízos, como falhas, defeitos, redução de capacidade do ativo, deterioração forçada, entre outros.

Segundo Suzuki (1994), o objetivo do passo 1 do programa de manutenção autônoma é de aumentar a confiabilidade através das atividades de eliminação de sujeira, identificação de todas as anomalias, corrigir defeitos menores e estabelecer as condições básicas do equipamento.

Esse processo eleva o cuidado do operador com o equipamento, onde possibilita um conhecimento sobre a máquina e conseqüentemente cria um sentimento de dono.

A etiquetagem é uma das técnicas utilizadas para evidenciar as anomalias encontradas. Então no momento da limpeza o equipamento é inspecionado e as anomalias detectadas devem ser identificadas e etiquetadas para que posteriormente sejam tomadas as ações corretivas pelo próprio operador ou pela manutenção.

Normalmente as etiquetas são representadas por duas cores, azul e vermelha (Figura 6). Onde as etiquetas azuis são utilizadas para identificar anomalias que serão sanadas pelos operadores devidamente capacitados, já as etiquetas vermelhas referem-se as anomalias que serão tratadas pelos mantenedores.

Figura 6 – Tipos de etiquetas da Manutenção Autônoma.

Fonte: Adaptado do (SUZUKI, 1994).

É muito importante destacar que as etiquetas devem conter algumas informações, como: uma descrição simples da anomalia encontrada, uma priorização, em função do impacto potencial gerado pela falha latente, uUma data de abertura da etiqueta, que permite a avaliação dos prazos para resolução das anomalias e a identificação do solicitante, visto que o executante poderá ter alguma dúvida e necessitar de esclarecimentos.

Vale ressaltar que é importante que cada operador compreenda que a limpeza não significa "embelezar", mas é sobretudo uma inspeção. Logo, as anomalias podem ser detectadas em um estágio ainda inicial, evitando danos maiores.

A limpeza possibilita o atingimento das condições operacionais básicas do equipamento, atacando e prevenindo folgas, atritos, imperfeições, solduras das fixações, deformações, vazamentos, trincas e outras anormalidades, tanto dos equipamentos como das ferramentas e dispositivos (RIBEIRO, 2016).

2.6.1.2 Passo 2 - Eliminação de Fontes de Sujeiras e Locais de Difícil Acesso

Essa etapa consiste em dois pontos muito importante, que são: Eliminar as fontes de sujeiras e Eliminar os locais de difícil acesso.

A etapa dois tem a função de atacar as fontes geradoras de sujeira e contaminação mais frequentes e crônicas, como também tratar diferenciadamente os locais de difícil acesso com o objetivo de diminuir os problemas que afetam o desempenho do equipamento, além de facilitar os serviços de operação e manutenção (RIBEIRO, 2016).

De modo geral, o objetivo deste passo é aumentar a confiabilidade das instalações eliminando as causas das fontes de sujeita na raiz, diminuir os tempos de manutenção das instalações

em termos de limpeza, inspeção e lubrificação, e desenvolver padrões provisórios de manutenção e estimular a atitude da operação com as práticas de melhorias em equipamentos.

2.6.1.3 Passo 3 - Padrões Provisórios

O objetivo deste passo é garantir os ganhos feitos nos passos 1 e 2, ou seja, manter a manutenção das condições básicas do equipamento. Para assegurar isso, os times de operadores devem padronizar os processos de limpeza e de inspeção, assumindo a responsabilidade de manter seu próprio equipamento.

A criação dos padrões visa garantir que rotinas de Manutenção Autônoma aconteçam como planejado, e que com isso as condições básicas de operação dos equipamentos sejam preservadas.

Para Ribeiro (2016), é importante que esses padrões conttenham os seguintes tópicos:

- Quais itens devem ser limpos, inspecionados e ordenados. Estes itens podem ser destacados em desenhos do equipamento em duas perspectivas, auxiliados por etiquetas adesivas instaladas nas partes do equipamento;
- Que método será utilizado na limpeza e inspeção;
- Citar quais as ferramentas apropriadas para fazer uma atividade confortável, rápida e segura;
- Tempo necessário para se fazer a limpeza e inspeção;
- Período entre as atividades;
- Responsáveis pela respectiva atividade.

O sucesso da Etapa 03 e do seu constante processo de melhoria contínua confere os primeiros resultados da implementação da Manutenção Autônoma.

2.6.1.4 Passo 4 - Inspeção Geral

Os primeiros passos foram enfatizados e desenvolvidos a estruturação das condições básicas e detecção de inconveniências do equipamento, a execução de medidas de combate à fontes de contaminação e a elaboração de padrões provisórios de inspeção e limpeza. Através destas atividades eliminou-se a deterioração forçada do equipamento e criou-se uma visão eficaz para detectar as anormalidades, adquirindo conhecimentos referente ao raciocínio e método de condução da melhoria do equipamento.

Para o passo 4 são fundamentais a formação e capacitação dos responsáveis nas características técnicas das máquinas e equipamentos, para aumentar a sua habilidade para descobrir os maus funcionamentos e, com a ajuda de especialistas, para elaborar o plano de inspeção geral. Também

é de suma importância a formação sobre os aspectos qualitativos da máquina e do produto, ou seja, por meio de quais parâmetros a máquina influencia nos aspectos qualitativos do produto.

Para Xenos (2009), o principal objetivo desta etapa é inspecionar visualmente os equipamentos por meio dos padrões estabelecidos na etapa anterior. Os operadores devem ser capazes de reconhecer a funcionalidade de seus equipamentos além de estarem capacitados a desenvolver suas habilidades na identificação das falhas e realizar posteriormente os reparos necessários.

Estabelecer controles visuais in loco pode contribuir para inspeções mais eficazes e habilitar quaisquer outras pessoas a realizar inspeção de forma confiável. Para Ribeiro (2016), a técnica da Lição Ponto a Ponto (LPP) ou Lição de Um Ponto (LUP), consiste em facilitar a assimilação e prática de determinada atividade utilizando desenhos e fotos com descrições em apenas uma folha de papel. A LUP pode ser desenvolvida tanto pelo próprio sugestor ou auxiliada por uma pessoa que tenha maior habilidade para isto.

2.6.1.5 Passo 5 - Inspeção Autônoma

O padrão provisório executado no passo 3 foi incrementado pelo ciclo de capacitação do passo 4, de modo a buscar aprimorar ainda mais a confiabilidade, a qualidade e a capacidade de manutenção dos equipamentos.

É preciso, portanto, rever os padrões de modo a aumentar a eficiência das inspeções, eliminando os erros de verificação, que demandavam um tempo muito alto ou não permitiam o controle total sobre os equipamentos.

Para Ribeiro (2016), o resultado prático na etapa 5, é o domínio completo do processo e do equipamento pelo operador. É o resgate de sua intimidade com o equipamento repercutindo em uma maior disponibilidade operacional. De fato, o operador passa vivenciar o lema "da minha máquina cuido eu".

2.6.1.6 Passo 6- Padronização

A ênfase dada nas etapas anteriores, concentrava-se na manutenção das condições básicas e nas inspeções diárias dos equipamentos. A padronização se destina a assegurar a manutenção e o controle destas atividades, assim como ampliar as funções do operador aos cuidados com as áreas ao redor dos equipamentos.

Revisão dos padrões já realizados, controle de materiais manuseados, padronização dos métodos de coleta de dados, critério do controle de peças sobressalentes e da garantia da qualidade em processos são alguns dos principais objetivos para se alcançar o controle e sistematização.

2.6.1.7 Passo 7 - Autocontrole

A etapa 7 consiste no reconhecimento das capacidades individuais adquiridas com o espírito de participação na condução de novas metas em consonância com as diretrizes da empresa.

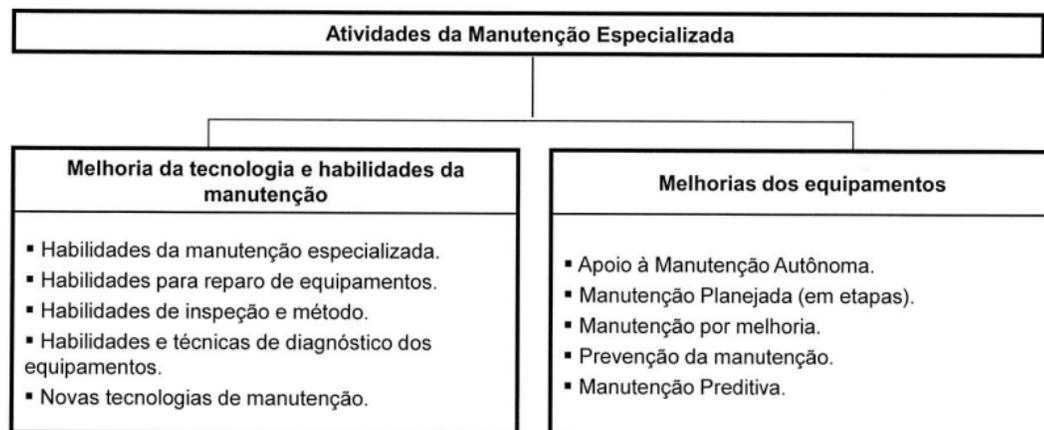
Nesse passo, busca-se consolidar a implementação da Manutenção Autônoma, propiciando uma maior sensibilidade para revisão dos critérios até então adotados, associado à busca de uma perfeição maior com uma maior eficácia, isto é conseguindo por intermédio do autocontrole ou autoavaliação Ribeiro (2016). Vale salientar que nesta etapa é esperado que o equipamento não falhe (Falha Zero), que 100% dos produtos atendam as especificações (Defeito Zero), haja total aproveitamento dos recursos (Perda Zero) e haja segurança nos equipamentos e processo (Acidente Zero).

2.7 O PILAR DE MANUTENÇÃO PLANEJADA

A manutenção planejada deve estabelecer e manter as condições ótimas do processo e do equipamento, também deve ser eficiente e eficaz no custo. Em um programa de desenvolvimento de TPM, a manutenção planejada é a atividade deliberada, metódica da construção que continuamente melhora o sistema de manutenção (SUZUKI, 1994).

O pilar de Manutenção Planejada tem como objetivo melhorar a confiabilidade e eficiência dos equipamentos, maximizar a vida útil dos equipamentos, alcançar quebra zero, desenvolver atividades que melhoram a tecnologia e a capacidade da manutenção e reduzir os custos de manutenção. As atividades desenvolvidas no pilar devem evoluir sistematicamente e organicamente. Na Figura 7, pode-se verificar o procedimento passo-a-passo para evoluir as atividades no pilar.

Figura 7 – Atividades de Manutenção Planejada



Fonte: Adaptado do (SUZUKI, 1994).

2.7.1 Etapas de Implementação da Manutenção Planejada

A implementação do pilar de Manutenção Planejada está estruturada em seis passos, conforme Figura 8. Análogo ao pilar de Manutenção Autônoma, para cada nível de evolução do pilar de Manutenção Planejada se faz necessário um processo de auditoria para certificação e validação do cumprimento das atividades.

Figura 8 – Os seis passos da Manutenção Planejada



Fonte: Adaptado do (SUZUKI, 1994).

Uma abordagem importante para a manutenção é como planejar e pôr sistematicamente em prática no tempo as diversas atividades da manutenção planejada. Logo, é de suma importância que a equipe da manutenção planejada especifique claramente o que se deve fazer em cada etapa de implementação do pilar. O Quadro 3, lista as atividades típicas realizadas em cada passo a passo.

Montar um sistema de manutenção planejada exige uma preparação cuidadosa e muito trabalho. É ineficaz tentar fazê-lo de uma só vez. Recomenda-se desenvolver as atividades na sequência, cooperando em cada etapa com os departamentos relevantes.

Etapa	Atividades
Passo 1: Avaliar o equipamento e entender a situação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prepare ou atualize os diários dos equipamentos; 2. Avalie, estabeleça os critérios de avaliação e priorize o equipamento; 3. Defina as linhas de falhas; 4. Entenda a situação: número de medida, frequência, e a severidade de falhas e de pequenas paradas; MTBFs; custos de manutenção; 5. Estabeleça os objetivos da manutenção (indicadores, métodos de avaliações dos resultados);
Passo 2: Reverter a deterioração e corrija as fraquezas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estabeleça as condições básicas, inverta a deterioração e extermine o meio que causa a deterioração acelerada; 2. Conduza atividades focalizadas na melhoria para corrigir os pontos fracos e estender o tempo de vida útil; 3. Tome medidas para prevenir maiores falhas idênticas ou parecidas; 4. Introduza as melhorias para reduzir as falhas de processo;
Passo 3: Construa um sistema de gerenciamento de informação	<ol style="list-style-type: none"> 1. Crie um sistema de gerenciamento de informações sobre falhas; 2. Crie um sistema de gerenciamento de manutenção do (controle de história da máquina, planejamento de manutenção e de inspeção, etc.); 3. Crie um sistema de gerenciamento do orçamento do equipamento ; 4. Crie sistemas para controlar as peças de reserva, os desenhos, e a informação técnica, etc;
Passo 4: Construa um sistema de manutenção periódica	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prepare-se para a manutenção periódica (controle unidades de reserva, peças dereserva, instrumentos de mensuração, lubrificantes, desenhos, informação técnica, etc); 2. Prepare um diagrama de fluxo do sistema de manutenção periódica; 3. Selecione o equipamento e os componentes a serem mantidos e formule um plano de manutenção; 4. Prepare ou atualize padrões (padrões de materiais, de trabalho, de inspeção de aceitação, etc.); 5. (Melhore a eficácia da manutenção de parada e fortaleça o controle de trabalhosubcontratado);
Passo 5: Construa um sistema de manutenção preditiva	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introduza os diagnósticos do equipamento (treine os diagnosticadores, compre equipamentos de diagnóstico, etc.); 2. Prepare um diagrama de fluxo do sistema de manutenção preditiva; 3. Selecione o equipamento e os componentes para a manutenção preditiva do orçamento do equipamento; 4. Desenvolva o equipamento e a tecnologia diagnóstica;
Passo 6: Avalie um sistema de manutenção planejada	<ol style="list-style-type: none"> 1. Avalie o sistema de manutenção planejada; 2. Avalie as melhorias na confiabilidade: número de falha e pequenas paradas, MTBF, frequência de falhas, etc; 3. Avalie a melhoria na manutenibilidade: taxa de manutenção periódica, taxa de manutenção preditiva, MTTR, etc; 4. Avalie a economia nos custos: a redução nos pedidos de manutenção, a melhora na distribuição de fundos para manutenção;

Fonte: Adaptado de (SUZUKI, 1994).

Quadro 3 – Etapas de desenvolvimento do pilar Manutenção Planejada.

3 METODOLOGIA

Este capítulo tem por finalidade apresentar a metodologia e procedimentos técnicos utilizados para a implementação dos passos iniciais da manutenção autônoma e manutenção planejada.

3.1 CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA

Para Gil (2002), pesquisa pode ser definida como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo proporcionar respostas aos problemas que são propostos. A pesquisa é desenvolvida mediante o concurso dos conhecimentos disponíveis e a utilização cuidadosa de métodos, técnicas e outros procedimentos científicos.

Em termos metodológicos, este trabalho se enquadra como um relato de experiência e pode ser classificado como uma pesquisa exploratória e descritiva, pois ao mesmo tempo que a pesquisa envolve levantamentos bibliográficos, entrevistas com os funcionários responsáveis pelas atividades analisadas, também é envolvido o levantamento e análises sistemáticas dos dados.

Em termos de abordagem esta pesquisa se classifica como quantitativa, pois há um amplo estudo de campo, onde o pesquisador se insere no local onde ocorre o fenômeno social, para realizar levantamento de dados de forma estatística descritiva simples e posterior análise e interpretação das informações.

Quanto à natureza, a pesquisa pode ser classificada como aplicada, pois os resultados obtidos têm a finalidade de solucionar problemas práticos que foram encontrados no local onde ocorre o fenômeno social.

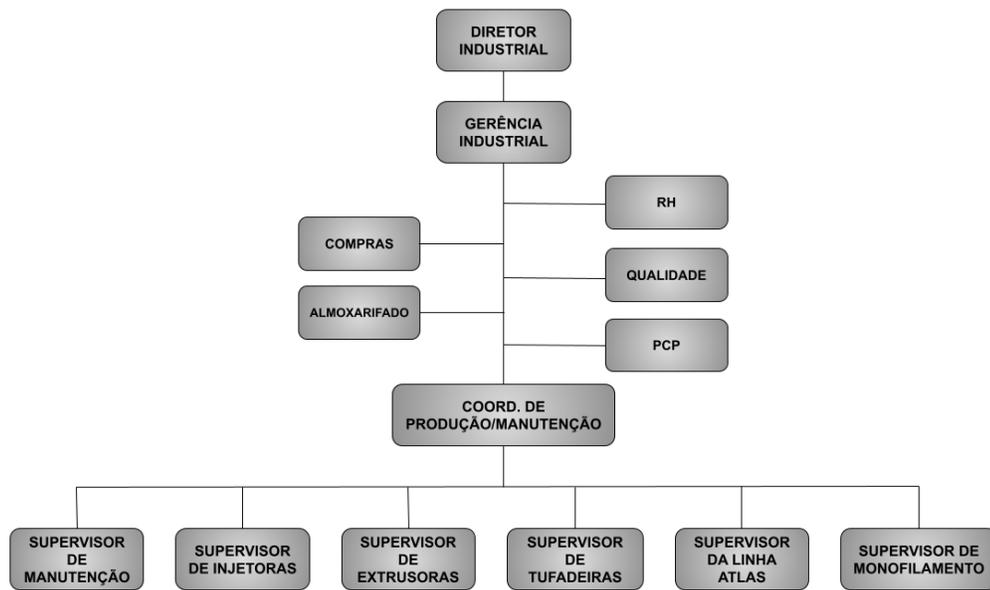
3.2 CAMPO DE PESQUISA

A pesquisa foi realizada em uma empresa que atua no ramo de produtos do setor de utilidades domésticas em plástico, no estado de Pernambuco. É uma organização que reúne grande empresas e que produzem cerca de 4.500 produtos diferentes, totalizando em torno de 50.000.000 de unidades de produtos por mês, comercializados em todo o Brasil e exportados para mais de 50 países. Seu mix de produtos é bem diversificado e estão divididos em oito categorias: Utilidades em limpeza doméstica, pintura e acabamento de superfícies, utilidades doméstica em plástico, organização de ambientes, linha pet, linha de limpeza profissional, divisão de materiais industriais e higiene e beleza.

Seus produtos visam atender mercados internos e externos, tendo como missão de sempre oferecer soluções em utilidades para melhorar o dia a dia das pessoas mantendo a qualidade, beleza e custo-benefício dos produtos produzidos. Para fabricação dos produtos, a empresa conta com uma grande linha de processos, dentre eles estão as Máquinas Injetoras, Extrusoras, Tufadeiras, Acabadora de Rolos, Monofilamento, Corte de Mantas, entre outros processos.

Atualmente a empresa do campo de estudo conta com cerca de 300 funcionários, que estão distribuídos entre os setores administrativo, produtivo, manutenção, expedição e logística. A Figura 9 apresenta o organograma da Unidade Produtiva da empresa, uma ferramenta que nos auxilia na estruturação dos negócios, tornando os processos e funções desempenhadas pelos funcionários mais evidentes.

Figura 9 – Organograma da Unidade Produtiva da Empresa



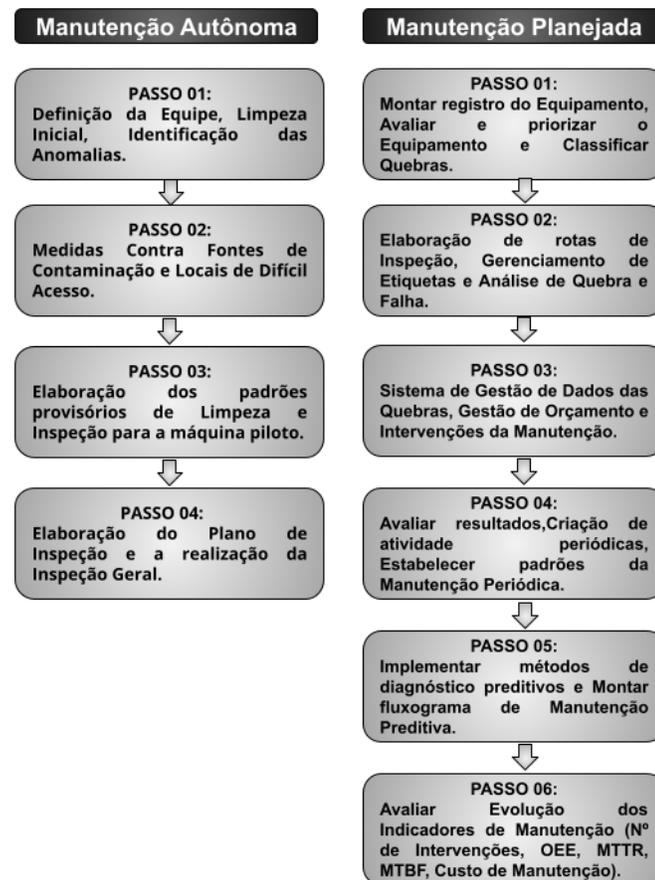
Fonte: Autoria própria (2023)

A máquina escolhida para a implementação da metodologia TPM pertence ao setor de Injetoras, o qual é composto por 37 máquinas injetoras distribuídas em 03 grupos: Elétricas, Hidráulicas e Rotativas.

3.3 PROCEDIMENTOS DA PESQUISA

Essa pesquisa tem como enfoque a implementação dos pilares de manutenção autônoma e planejada da TPM em uma célula de injetora termoplástica. Onde para a implementação do pilar da manutenção autônoma foram escolhidos apenas os quatro primeiros passos iniciais. Já para a implementação do pilar de manutenção planejada, foram utilizados os seis passos da metodologia TPM, conforme Figura 10.

Figura 10 – Passos para a Implementação da Manutenção Autônoma e Planejada



Fonte: Autoria própria (2023)

Então, o passo 01 da manutenção autônoma (MA) refere-se a definição da equipe autônoma, para a atividade de limpeza inicial da máquina. Segundo Sandrini (2021), essa inspeção tem o objetivo de detectar anomalias, que são condições diferentes das originais entregues pelo fabricante. Exemplos de anomalias são: rolamentos travados, guias desalinhadas, correia desgastadas, folga em fixações, vazamentos, etc. Logo, para cada anomalia identificada, deverá ser gerada uma “etiqueta de anomalia”, de forma a tornar o problema evidente. Em paralelo, o primeiro passo da manutenção planejada está focado em manter um registro técnico do equipamento no sistema, classificando o equipamento quanto às quebras e definindo as melhores estratégias de manutenção.

O segundo passo da manutenção autônoma, refere-se a eliminação de fontes de sujeira (FS) e locais de difícil acesso (LDA). Então nessa etapa, serão analisadas e tratadas as anomalias que geram acúmulo de sujeiras no entorno da máquina, bem como, dificulta o acesso para realizar as atividades de limpeza e inspeção. Cada FS e LDA deve ser registrada devidamente na ficha ou lista de fontes de sujeira disponível na máquina. O segundo passo da manutenção planejada (MP) está

concentrado na elaboração dos check lists de limpeza e inspeção para que os operadores da manutenção autônoma conheçam as debilidades da máquina. Ainda nessa etapa, o pilar MP também desenvolverá medidas preventivas para impedir a ocorrência de quebras recorrentes, utilizando ferramentas de qualidade, como, os 5 Porquês.

No terceiro passo da manutenção autônoma, os operadores iniciam as atividades de inspeção e limpeza baseadas nos check lists elaborados pelo pilar de manutenção planejada na etapa 2. Como um padrão estabelecido, devem especificar quais as ferramentas necessárias, qual a sequência de realização, qual o tempo e a frequência para execução da atividade, etc (SANDRINI, 2021). Já no terceiro passo da manutenção planejada, será elaborado um controle de gerenciamento de etiquetas, para controle do número de etiquetas, abertas, resolvidas e pendentes.

O quarto passo do pilar MA está relacionado a inspeção geral do equipamento. Essa inspeção envolve compreender profundamente a função do equipamento. Todos os operadores do pilar MA realizarão treinamentos para obter conhecimentos técnicos à respeito dos princípios de funcionamento dos sistemas da máquina, como: sistema pneumático, sistema hidráulico, sistema de transmissão, sistema elétrico e sistema de proteção. Nessa etapa, a operação além de detectar as anomalias, também conseguirá entender os aspectos teóricos das inconveniências e solucioná-los. No que se refere a quarta etapa do Pilar MP, será realizado revisões mais elaboradas do plano de manutenção da máquina, incluindo troca de peças obrigatórias.

A partir do quinto passo, será seguido apenas com a manutenção planejada. Então, nessa etapa, será implementado métodos de diagnósticos preditivos, como análise de óleo e termografia.

O sexto passo da manutenção planejada trata-se da análise dos resultados obtidos após a implantação das etapas do pilar de manutenção autônoma e planejada. Então será analisado a evolução dos indicadores de manutenção, como: MTBF, MTTR, Disponibilidade, Qualidade, Desempenho, OEE e custos de manutenção.

Cada passo dos pilares foi implementado dentro da célula de Injetora Rotativa, onde o próximo passo só poderá iniciar se o passo anterior estiver sido concluído.

3.4 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

Para a coleta de dados foram utilizadas informações da empresa local, da célula de estudo, de planilhas de controles de indicadores existentes, de pesquisas de campo e de softwares de monitoramento de produção e manutenção, como o SAP e INJET. O estudo foi realizado entre dos meses de Julho de 2022 a Março de 2023

O sistema SAP (2021) é um software de Gestão Empresarial criado por uma empresa alemã, SAP AG. Esse sistema tem a função de integrar as áreas de uma organização, como: vendas, fiscal, manutenção, logística, produção, etc. Para isso esse sistema é subdividido em módulos, onde cada módulo integra diferentes setores da empresa, de acordo com a necessidade do local. Já

o sistema INJET (2021), é um software de monitoramento que permite supervisionar em tempo real o desempenho produtivo de uma máquina, fornecendo dados de produção, paradas, índice de eficiência, entre outros.

Vale salientar que esses dados foram exportados para o Microsoft Excel, onde foi possível realizar graficamente uma comparação dos indicadores de manutenção do equipamento escolhido, referente ao período antes e após a implementação da metodologia TPM.

3.5 A CRIAÇÃO DA ESTRUTURA DE PROMOÇÃO DOS PILARES MA E MP

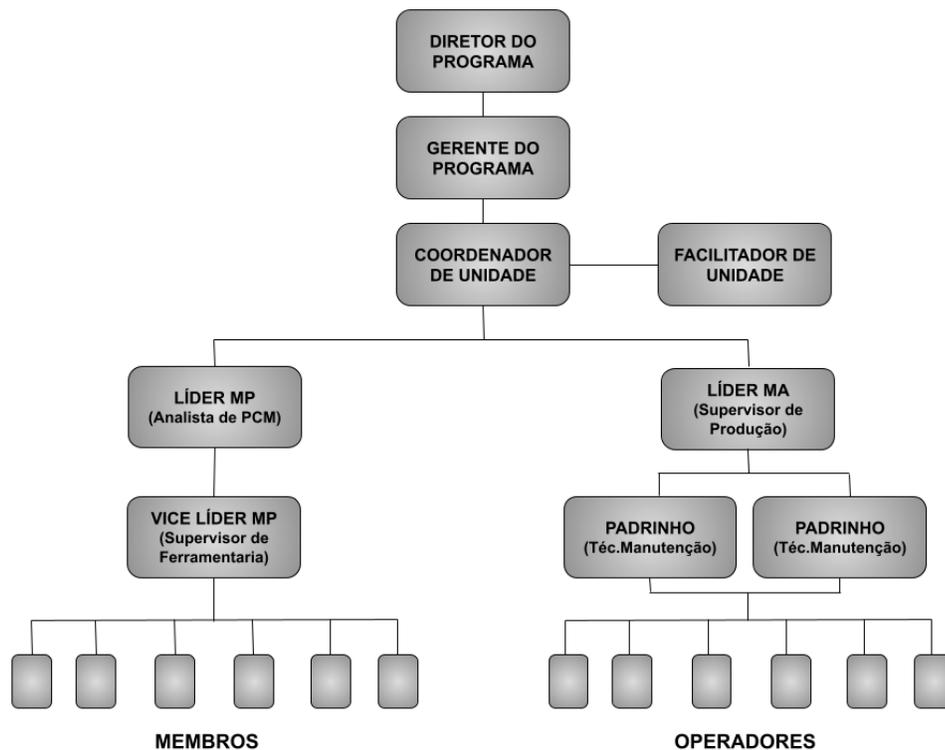
Inicialmente, para que a metodologia seja colocada em prática, todas as pessoas envolvidas foram conscientizadas e treinadas. A conscientização foi iniciada nos primeiros dias da implantação da metodologia TPM, com a capacitação do pessoal da Manutenção e Operação, desenvolvendo treinamentos conceitual da metodologia TPM e treinamentos práticos no local de trabalho.

Antes do treinamento inicial foram definidos os membros das equipes que conduziriam as atividades dos pilares de Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada. Vale ressaltar que a composição dos pilares possuem membros de diversas áreas da empresa como qualidade, ferramentaria, compras, almoxarifado, operacional, engenharia, PCM e manutenção, todos integrados a partir da implementação da metodologia.

Para o time de Manutenção Autônoma foram definidos nove colaboradores, sendo um deles o líder do pilar, que atua como supervisor de produção, e os demais são os membros do pilar, onde dois são técnicos de manutenção, denominados "padrinhos" da máquina e 06 são operadores da máquina.

Para o pilar de Manutenção Planejada foram definidos oito colaboradores, sendo um deles o líder do pilar, que atua como Analista de PCM e os demais membros são compostos por assistentes de PCM, técnico de Manutenção, Supervisor de Ferramentaria, Comprador, Engenharia e Almoxarifado. Segue na Figura 11 o exemplo da estrutura de promoção criada para a manutenção autônoma e manutenção planejada na empresa estudada.

Figura 11 – Estrutura de promoção para a manutenção autônoma e planejada.



Fonte: Autoria própria

3.6 A ESCOLHA DA MÁQUINA PILOTO

Definida a estrutura dos pilares, foi realizada a definição da máquina que iniciaria o processo de implementação da manutenção autônoma e manutenção planejada e Julho de 2022.

A máquina Injetora Rotativa de plástico, Figura 12 é utilizada no processo para fundir e moldar polímeros de acordo com a matriz que será usada no processo de transformação. A Máquina Injetora rotativa estudada possui 10 estações de trabalho independentes para produção de cepas de vassouras, rodos, escovas e pincéis. Seu diferencial consiste em um sistema hidráulico, que possibilita movimentos como giro de mesa e dosagem sejam feitos, simultaneamente, para obter maior eficiência produtiva.

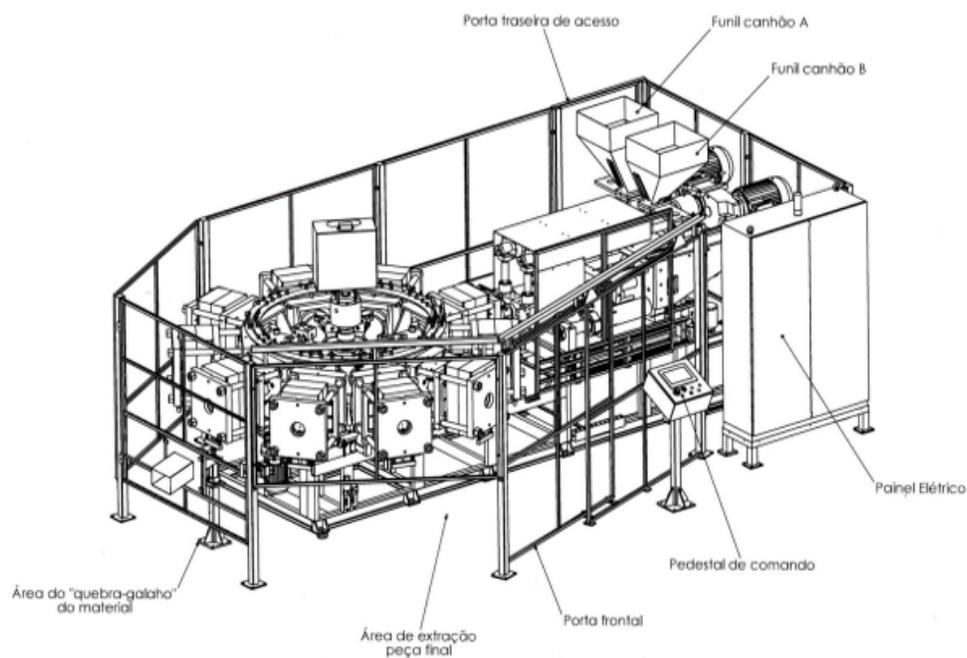
Para a empresa, a máquina injetora rotativa apresenta baixa ociosidade no planejamento de produção, é considerada máquina gargalo no processo de fabricação de vassouras e cepas, os semi-acabados deste processo representam aproximadamente 10% do faturamento total da empresa e a máquina consome 50% do material recuperado de outros processos de injeção.

Com base nessas informações, a produtividade e disponibilidade desta máquina é de suma importância para o setor produtivo da empresa. No entanto, de acordo com as análises dos indica-

dores de manutenção e produção, foram levantados alguns pontos que foram cruciais para a tomada de decisão sobre a escolha da máquina piloto, sendo eles:

- A máquina apresentava eficiência global(OEE) baixa, em média, de 51%;
- A máquina não estava entregando a produção planejada mês a mês;
- A máquina vinha apresentando um alto custo de manutenção;
- A máquina apresentava o indicador de MTBF e MTTR fora da meta.

Figura 12 – Máquina Piloto - Injetora Rotativa.



Fonte: Adaptado do Manual do Fabricante da Máquina (2018).

4 RESULTADOS

O processo de implementação dos pilares de Manutenção Autônoma e Manutenção Planejada na célula de Injetora Rotativa será detalhado a seguir.

4.1 IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

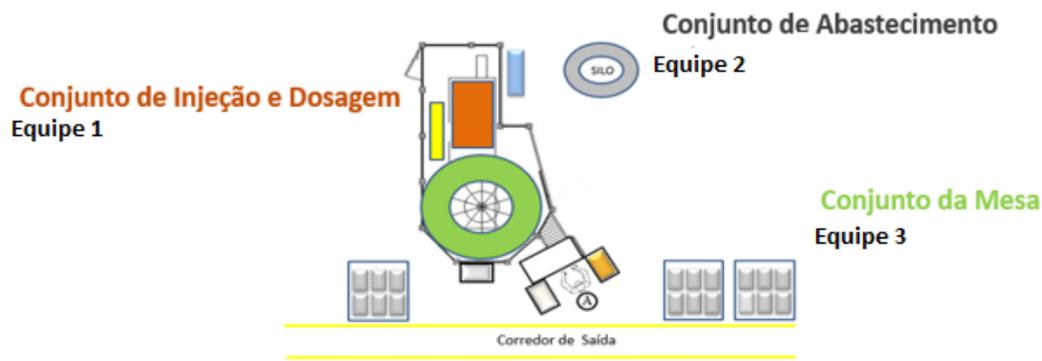
Como foi visto no Capítulo 2, a manutenção autônoma consiste em desenvolver nos operadores a habilidade de limpar, inspecionar e detectar problemas em sua fase inicial.

A Implantação do TPM na empresa iniciou-se em Julho de 2022, com a apresentação do projeto pelo gerente industrial para monitores, supervisores e coordenadores da produção e manutenção da planta, onde foi determinado o Dia “D”.

4.1.1 Etapa 01 do MA: Limpeza Inicial

Para o início dessa etapa, ocorreu a distribuição das equipes do MA (operadores e mantenedores) por conjuntos da máquina injetora rotativa, conforme a Figura 13.

Figura 13 – Distribuição das Equipes para Limpeza Inicial.



Fonte: Autoria própria

Escolhido as equipes, foi iniciado o dia "D", momento em que a máquina foi parada e todos os envolvidos do pilar MA realizaram a limpeza e eliminaram os pontos causadores de resíduos e perdas.

Depois de finalizado a etapa de limpeza e organização da área de trabalho, a máquina foi inspecionada e as anomalias detectadas foram identificadas e etiquetadas, e em seguida foi tomada as ações para correção das anomalias. Nesse primeiro trabalho foram detectados um total de 35 etiquetas, onde 23 correspondem a etiquetas vermelhas e 12 a etiquetas azuis. A Figura 14, corresponde ao mapeamento de etiquetas azuis e vermelhas.

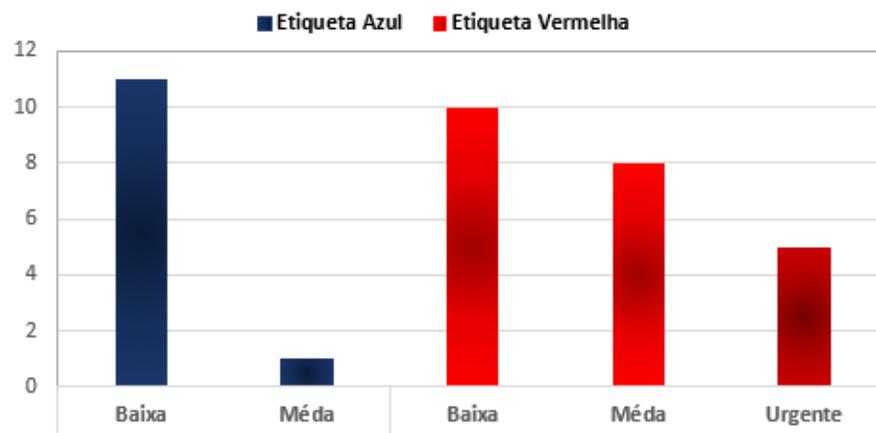
Figura 14 – Mapeamento de Etiquetas.

TOTAL DE ETIQUETAS		
OPERACIONAL	MANUTENÇÃO	TOTAL
12	23	35
34 %	66 %	100 %

Fonte: Autoria própria.

Depois do mapeamento das etiquetas foi realizado o formulário de priorização de etiquetas, conforme Figura 15. Esse formulário é um gráfico de colunas onde o operador informa a quantidade de etiquetas abertas por cor (azul ou vermelha) e por priorização (altas, médias e baixas).

Figura 15 – Priorização de Etiquetas.



Fonte: Autoria própria.

Após a identificação dos problemas, por meio das etiquetagens, as equipes de manutenção e produção buscam eliminá-los (RIBEIRO, 2016).

4.1.2 Etapa 02 do MA: Fontes de Sujeiras (FS) e Locais de difícil acesso (LDA)

No segundo passo de TPM da célula piloto o objetivo foi a eliminação de sujeira e local de difícil acesso, analisando uma melhoria nas condições de trabalho dos operadores e também na otimização do tempo de limpeza e inspeção na máquina.

Então, no percorrer das atividades de limpeza geral da máquina os membros do pilar, identificaram alguns locais que apresentam um maior nível de sujeira, como também alguns lugares de difícil acesso. Logo, pensando no mapeamento dessas anomalias, foi disponibilizado uma planilha de identificação das FS e LCD, conforme Quadro 4.

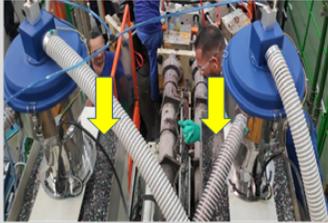
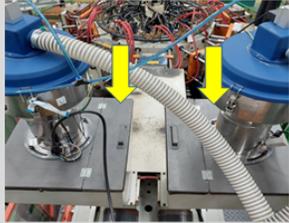
Fonte de Sujeira	Locais de Díficil Acesso	Descrição:	Data:	Turno:	Responsável:
Fonte de Sujeira	Locais de Díficil Acesso	Descrição:	Data:	Turno:	Responsável:
Fonte de Sujeira	Locais de Díficil Acesso	Descrição:	Data:	Turno:	Responsável:
Fonte de Sujeira	Locais de Díficil Acesso	Descrição:	Data:	Turno:	Responsável:

Fonte: Adaptação do JIPM (1995).

Quadro 4 – Identificação das FS e LDA.

Após identificação das FS e LDA, foram formados os grupos de trabalho a fim de buscar soluções para a eliminação dos problemas levantados. A Figura 16 apresenta algumas melhorias realizadas, justificando as ações tomadas e o comparativo do antes e depois da implementação da melhoria.

Figura 16 – Documento Antes x Depois: Eliminação das FS e LDA

PROBLEMA	SOLUÇÃO
<p>Os funis de alimentação são abertos, causando um grande acúmulo de sujeira.</p> 	<p>Confeção tampas fechadas para funis de alimentação.</p> 
<p>Os filtros dos alimentadores ficavam expostos, causando acúmulo residual de pó.</p> 	<p>Confeção de armário para filtros alimentadores.</p> 
<p>Antes o sistema de refrigeração dos moldes era abastecido por água gelada e tínhamos grande acúmulo de mangueiras.</p> 	<p>Substituição água gelada por água industrial sistema de refrigeração moldes.</p> 

Fonte: Aatoria própria.

4.1.3 Etapa 03 do MA: Padrões Provisórios

Após conclusão das etapas 01 e 02, o próximo passo trata da elaboração dos padrões de limpeza e inspeção, contendo as novas responsabilidades dos operadores.

Os checklists foram desenvolvidos pelo Pilar de Manutenção Planejada e posteriormente foram colocados em nível operacional. As Figuras 17 e 18 referem-se respectivamente aos padrões de limpeza e inspeção. Nos padrões, para melhor identificação das atividades, foram realizados as divisões da máquina por conjuntos, onde cada componente inspecionado foi enumerado e mapeado nas imagens. Os padrões também possuem informações sobre as ferramentas adequadas para o serviço, o tempo de execução e quem será o responsável por executar cada serviço.

Figura 17 – Padrão de Limpeza

PADRÃO DE LIMPEZA											
Atividade: Realizar Limpeza na Máquina e Periféricos					Periodicidade: Semanal						
Máquina: Injetora Rotativa 039					Executante: Operador e Técnico de Manutenção						
DETALHES	LIMPEZA					DETALHES	LIMPEZA				
	CONJUNTO	COMPONENTE	FERRAMENTA	TEMPO	QUEM		CONJUNTO	COMPONENTE	FERRAMENTA	TEMPO	QUEM
	SISTEMA DE ABASTECIMENTO	1 - Reservatórios PIOVAN		2 MIN	OP.		CONJUNTO DE INJEÇÃO E DOSAGEM	12 - Resistências dos canhões		5 MIN	OP.
		2 - Compressores Radiais		2 MIN	OP.			13 - Estações do Carrossel		5 MIN	OP.
		3 - Reservatório de PÓ		10 MIN	OP.			14 - Conjunto distribuição de água/ óleo		5 MIN	OP.
		4 - Eixo e Correia do Silo Wagner		10 MIN	TÉC.			15 - Mangueiras do carrossel		5 MIN	OP.
	CONJUNTO HIDRÁULICO	5 - Filtros		2 MIN	OP.		CONJUNTO DA MESA	16 - Bloco de Válvulas		5 MIN	OP.
		6 - Bloco de Válvulas		2 MIN	OP.			17 - Redutor da Mesa		10 MIN	TÉC.
		7 - Conjunto de Mangueiras		2 MIN	OP.			18 - Sistema de bobinas (escovas do coletor)		15 MIN	TÉC.
		8 - Bombas		5 MIN	OP.			19 - Grades de proteção (NR12)		10 MIN	OP.
		9 - Bandejas		2 MIN	OP.				20 - Esteira		5 MIN
	CONJUNTO DE INJEÇÃO E DOSAGEM	10 - Conjunto de Injeção		5 MIN	OP.	PERIFÉRICOS		21 - Ventilador		3 MIN	OP.
		11 - Conjunto de Dosagem		5 MIN	OP.			22 - Escada		5 MIN	OP.

Fonte: Autoria própria.

Figura 18 – Padrão de Inspeção

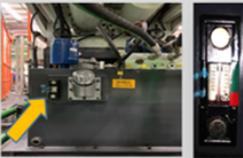
PADRÃO DE INSPEÇÃO											
Atividade: Realizar Inspeção na Máquina e Periféricos					Periodicidade: Semanal						
Máquina: Injetora Rotativa 039					Executante: Operador e Técnico de Manutenção						
DETALHES	INSPEÇÃO					DETALHES	INSPEÇÃO				
	CONJUNTO	COMPONENTE	PADRÃO	TEMPO	QUEM		CONJUNTO	COMPONENTE	PADRÃO	TEMPO	QUEM
	SISTEMA DE ABASTECIMENTO	1 - Reservatórios PIOVAN	Devem estar sem vazamento de pó.	2 MIN	OP.		CONJUNTO DA MESA	12 - Válvulas e Mangueiras	Deve estar sem vazamento de óleo e água.	2 MIN	OP.
		2 - Compressores Radiais	Devem estar sem resíduos de pó.	2 MIN	OP.			13 - Conjunto distribuição de água/ óleo	Deve estar sem vazamento de óleo e água.	2 MIN	OP.
		3 - Reservatório de PÓ	Deve estar limpo e com filtros internos sem rasgos.	2 MIN	OP.			14 - Eixo do Carrossel	Sem vazamento de água e óleo. Verificar se existe folga nos parafusos do redutor.	5 MIN	OP.
		4 - Eixo e Correia do Silo Wagner	Deve estar limpo externamente e a caixa de alimentação sem sujidades. Inspeccionar estado de conservação das correias.	5 MIN	TÉC.			15 - Lubrífll	Sem vazamento nas conexões.	1 MIN	OP.
	CONJUNTO HIDRÁULICO	5 - Filtros de ar	Devem estar sem vazamento de pó.	2 MIN	OP.		CONJUNTO DA MESA	16 - Trocador de Calor	Sem vazamento de água.	1 MIN	OP.
		6 - Bloco de Válvulas	Deve estar sem vazamento de óleo.	2 MIN	OP.			17 - Sistema de bobinas (escovas do coletor)	Verificar se existe desgaste nas escovas.	3 MIN	TÉC.
		7 - Conjunto de Mangueiras	Deve estar sem vazamento de óleo e água.	2 MIN	OP.			18 - Sistema Grazeiro do Carrossel	Roscas não podem estar com folgas e verificar a integridade da esfera.	2 MIN	TÉC.
		8 - Bombas	Devem estar sem resíduos de pó.	5 MIN	OP.			19 - Sistema Grazeiro do Platô Móvel	Roscas não podem estar com folgas e verificar a integridade da esfera.	2 MIN	OP.
	CONJUNTO DE INJEÇÃO E DOSAGEM	09 - Conjunto de Injeção e Dosagem	Deve estar sem vazamento de óleo.	2 MIN	OP.	PERIFÉRICOS		20 - Esteira	Deve estar limpa e verificar integridade das proteções.	2 MIN	OP.
		10 - Resistências do Canhão	Deve estar sem vazamento de material.	3 MIN	OP.			21 - Ventilador	Deve estar limpo.	1 MIN	OP.
		11 - Sistema Grazeiro do Canhão	Roscas não podem estar com folgas e verificar a integridade da esfera.	2 MIN	OP.			22 - Grades de proteção (NR12)	Deve estar limpo e com íntacta.	5 MIN	OP.

Fonte: Autoria própria.

As atividades serão realizadas três vezes por semana, alternadamente entre os três turnos. Inicialmente as atividades foram acompanhadas pelos padrinhos do pilar MA, os técnicos de manutenção, a fim de auxiliar os operadores em caso de dúvidas e também para orientá-los quanto a correta execução das atividades.

Outro ponto de desenvolvimento nessa etapa é a criação de controles visuais, pois são um forte aliado para facilitar a limpeza e inspeção. Esses controles são colocados na máquina para controlar e indicar claramente as condições da operação. A Figura 19, apresenta alguns dos controles visuais desenvolvidos pelo pilar.

Figura 19 – Controles Visuais

APLICAÇÃO	OBJETIVO
	<p>Identificação do nível máximo de abastecimento do silo, evitando sobrecarga do equipamento.</p>
	<p>Identificação do tipo de óleo utilizado.</p>
	<p>Verificação do Nível de Óleo.</p>

Fonte: Autoria própria.

Após implementação dessa etapa, espera-se que com a frequente utilização destes padrões provisórios restaure e mantenha as condições básicas da máquina e conseqüentemente reduza o número de intervenções corretivas.

4.1.4 Etapa 04 do MA: Inspeção Geral

Para o desenvolvimento desta etapa, todos os operadores do pilar realizaram treinamentos para obter conhecimentos técnicos à respeito dos princípios de funcionamento dos sistemas da má-

quina, como: sistema pneumático, sistema hidráulico, sistema de transmissão, sistema elétrico, etc. Além de treinamentos teóricos, a operação também acompanhou algumas atividades técnicas.

O intuito destas capacitações é ampliar o conhecimento operacional à respeito do princípio de funcionamento da máquina, para que a partir de agora a operação além de detectar as anomalias também consigam entender os aspectos teóricos das inconveniências.

Logo, após a conclusão dos treinamentos, o próximo passo foi realizar a revisão dos padrões de limpeza e inspeção criados nas etapas passadas, com o intuito de criar e revisar novas atividades baseadas nos novos conhecimentos adquiridos.

4.2 IMPLEMENTAÇÃO DO PILAR DE MANUTENÇÃO PLANEJADA

Segundo Suzuki (1994), as atividades de manutenção planejada estão diretamente relacionadas com o grau de manutenção do equipamento em cada local. Plantas com um sistema de manutenção fraco e falhas frequentes podem necessitar a implementação passo a passo. Já plantas com um sistema mais forte devem focar nos passos que trarão redução de falhas e melhoria de performance.

A empresa estudada já possui um sistema de manutenção estruturado e eficiente. Então o pilar de Manutenção Planejada tem a função de agregar mais controles e análises ao sistema, maximizando as taxas de disponibilidade, desempenho e qualidade da máquina. As atividades mais importantes em cada etapa são apresentados a seguir.

4.2.1 Etapa 01 do MP: Avaliar e entender a situação atual

Essa etapa consiste em tomar ciência das reais condições da máquina. Então, inicialmente, foi realizado o cadastro das informações técnicas da máquina no Sistema SAP, como: Nome do Fabricante, Modelo, N° de Série, N° do Ativo, Ano de Fabricação, Valor, Peso e etc). Onde o objetivo deste registro é facilitar a vida da manutenção em relação a Programação, Detalhamento e Listagem das Peças de Reposição, criando histórico das atividades realizadas e movimentação de peças utilizadas no equipamento. Na Figura 20 é possível verificar uma parte do cadastro dos conjuntos e lista de peças da máquina piloto no Sistema SAP.

Em seguida, foi realizado o trabalho de classificação ABC da máquina, que corresponde a uma matriz de criticidade dos ativos. A utilização da classificação ABC, é uma ferramenta para avaliar a criticidade de um equipamento dentro de um desenvolvimento industrial.

Figura 20 – Cadastro de Lista de Peças da Máquina piloto.

Loc.Instalação	SD-1-IND-IDR-INJ039	Vál.desde	26.09.2022
Denominação	INJETORA (INJ 039)		
SD-1-IND-IJR-INJ039	INJETORA (INJ 039)		
SD-1-IND-IJR-INJ039-001	CONJUNTO ELÉTRICO		
SD-1-IND-IJR-INJ039-002	CONJUNTO CILINDRO DE ABERTUTA/FECHAMENO		
SD-1-IND-IJR-INJ039-002-01	CILINDRO PORTA MOLDE		
SD-1-IND-IJR-INJ039-003	CONJUNTO DO CANHÃO DE INJEÇÃO		
SD-1-IND-IJR-INJ039-003-01	CILINDRO DE INJEÇÃO		
14001232	CJ BICO INJECAO - 307-IPC07-001-18	L	1 PC
14009470	BICO VALVULADO 307-IPC07-001-20	L	1 PC
14009926	CORPO BICO 307-IPC12-001-01	L	1 PC
14008834	BUCHA D VEDACAO DO BICO-307-IPC06-002-17 L	L	1 PC
14014003	BICO VALVULADO - IJR - REF 8387	L	1 PC
14011267	ESPAGUETE DE SILICONE 08MM	L	0,010 M
14009926	CORPO BICO 307-IPC12-001-01	L	1 PC
14000373	PONTEIRA 40 0,8 BV/BR/STAR - PAR	L	1 PAR
14009252	AGULHA BICO INJECAO - 307-IPC07-001-17	L	1 PC
6013640	CORPO DO BICO 307-IPC07-001-19	L	1 PC
SD-1-IND-IJR-INJ039-003-01-01	BICO DE INJEÇÃO		
14014609	RESIST COL INOX 75X70X230V ROT 39	L	1 PC
SD-1-IND-IJR-INJ039-003-02	CUBO DE ROLAMENTO		
14015439	ROLAMENTO 6018 ZZ 300C	L	1 PC
SD-1-IND-IJR-INJ039-003-03	CANHÃO DE INJEÇÃO INFERIOR A/B		
14014592	RESIST COL REFRAT 165X190MMX3300W 230V	L	1 PC

Fonte: Dados da Empresa, Sistema SAP.

A máquina é analisada mediante aos fatores de avaliação adotados pela empresa (Segurança, Confiabilidade, Qualidade, Frequência e Custo), conforme Quadro 5, sendo direcionado, a partir de um fluxograma de decisão (Figura 21), para alguma classe A,B ou C, na qual, correspondem as estratégias de manutenção que melhor atende o equipamento.

Segundo JIPM (1995), as classificações A, B e C significam:

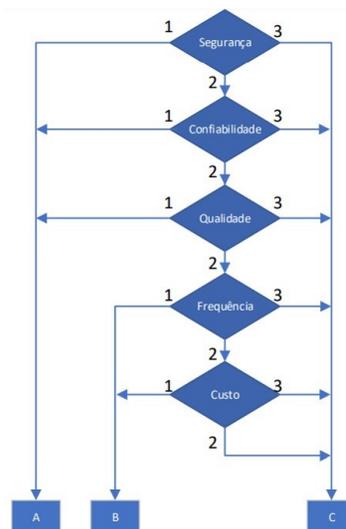
- Classe A: Equipamentos altamente críticos para o processo, sendo fundamental uma política preventiva com: preditiva e preventiva, análise das falhas e equipes focadas na redução de falhas.
- Classe B: Equipamentos importantes para o processo, sendo aceitável aplicação de alguma das seguintes técnicas: preventiva ou preditiva, equipes e times de melhoria e análise das falhas pela manutenção.
- Classe C: Equipamentos com baixo impacto no processo, com as seguintes políticas de manutenção: corretiva e preventiva, monitoramento de falhas para evitar recorrências.

Fator de Segurança	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Segurança: Efeito quanto a exigência de Riscos potenciais para as pessoas, meio ambiente e integridade da planta.	Provoca graves efeitos sobre a pessoa, o meio ambiente ou a integridade da planta.	Provoca riscos sobre o a pessoa, meio ambiente ou a integridade da planta	Não há consequências ou riscos.
Confiabilidade: Efeito sobre a continuidade e a confiabilidade operacional	Provoca a interrupção total do processo produtivo	Paralisa um sistema importante ou reduz a produção	Existe equipamento reserva e não há efeitos sobre o processo produtivo
Qualidade Efeito sobre a qualidade dos produtos e o rendimento da empresa	Afeta a qualidade gerando produto fora da especificação e afeta fortemente o faturamento	Faz avaliar a qualidade do produto e afeta o faturamento.	Sem efeito sobre o produto e faturamento.
Frequência: Número de falhas por período de utilização	MTBF menor que 3h	MTBF maior que 3h e menor 10h	MTBF maior que 10h
Custo: Custos envolvidos na correção das falhas (Mão de obra, Materiais e Serviços terceiros)	Custo de reparo superior a R\$100K por ano	Custo de reparo superior a R\$50K por ano	Custo de reparo superior a R\$10K por ano

Fonte: Adaptação do JIPM (1995).

Quadro 5 – Matriz para avaliação de Criticidade dos Ativos.

Figura 21 – Fluxograma para decisão de nível de criticidade ABC da máquina.



Fonte: Adaptação do JIPM (1995).

Foi determinado pela empresa que se algum resultado do Fator de Segurança obtiver resultado nível 1, a máquina será considerada como classe A. Logo, baseado nessas informações a Máquina piloto foi considerada como classe A, pois conforme Figura 22, o fator de Confiabilidade resultou em nível 1.

Figura 22 – Matriz de criticidade da máquina piloto.

TABELA DE CLASSIFICAÇÃO ABC						
Máquina	Segurança	Confiabilidade	Qualidade	Frequência	Custo	Resultado
INJETORA 039	2	1	2	3	2	A

Fonte: Dados da Empresa.

Também, foi definido o critério de classificação dos níveis de quebra da máquina (graves, médias e leves). Logo, quebras acima de 5 horas são classificadas como graves, quebras entre 1 a 5 horas são definidas como média e as quebras abaixo de 1h são chamadas de leves. Essa etapa é importante para gerir as análises de quebras nas próximas etapas, de modo a evitar a reincidência de quebras graves.

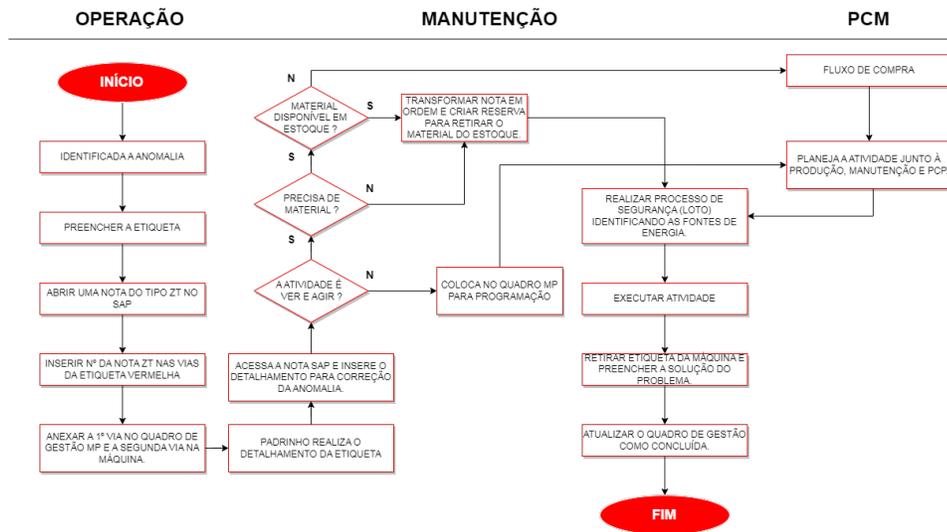
4.2.2 Etapa 02 do MP: Restaurar as anomalias e melhoria dos pontos fracos de projeto

Nesse passo a equipe de manutenção deve apoiar as atividades de manutenção autônoma, além de procurar melhorar os pontos fracos visando aumentar a vida útil do equipamento.

Então, inicialmente foram criados os Padrões de Limpeza e Inspeção da máquina, já vistos nas Figuras 17 e 18. Com a aplicação dos checklists, a Manutenção Autônoma conhece as debilidades da máquina. As anomalias encontradas durante as inspeções devem ser relatadas e identificadas através das Etiquetas TPM vinculadas a uma nota de manutenção do Tipo "ZT" no sistema SAP. A manutenção deve sanar os defeitos do equipamento que foram descobertas pelos operadores que não possam ser resolvidas por eles mesmos, que é o caso das etiquetas vermelhas.

Logo, para as etiquetas vermelhas, foi criado um fluxo de resolução, visto na Figura 23. Esse fluxo coopera para a continuidade do atendimento das etiquetas e desenvolvimento da equipe de operadores, PCM e mantenedores. Vale ressaltar que na implantação do TPM, houve um alinhamento entre os gestores e supervisores para definir o tempo de resolução das etiquetas. Logo para prioridade alta a meta é de 02 dias, para as médias a meta são de 15 dias e para baixas são de 30 dias.

Figura 23 – Fluxo de Etiquetas Vermelhas.



Fonte: Dados da Empresa.

Nessa etapa também foi desenvolvido medidas preventivas para impedir a ocorrência de quebras similares ou idênticas. Para isso foi criado um controle para análise das quebras e falhas, onde serão analisadas as quebras graves (acima de 5h).

Essa medida consiste em registrar a ocorrência da anomalia, caracterizar o fenômeno, investigar as causas da quebra utilizando a ferramenta dos 5 Porquês, Planejar as ações e implementá-las. A Figura 24 corresponde a uma das análises desenvolvidas pela equipe do pilar MP junto ao padrinho da máquina piloto.

Após consolidação da melhoria, é realizado um acompanhamento para verificar reincidência da anomalia e posteriormente a mesma é registrada e padronizada.

4.2.3 Etapa 03 do MP: Estabelecer um sistema de gestão de informação

Para essa etapa houveram poucas alterações tendo em vista que a empresa estudada já possui um sistema de manutenção estruturado e eficiente por meio dos softwares de manutenção e produção, SAP e INJET. Onde, a partir dos sistemas citados, foram exportados as bases de dados para a planilha do Microsoft Excel visando apresentação dos resultados obtidos.

No entanto, com a chegada da metodologia TPM foi criado mais um controle para o gerenciamento das etiquetas azuis e vermelhas. Esse controle contém informações do quantitativo de etiquetas abertas mês a mês, relação de etiquetas abertas por prioridades, tempo médio de resolução das etiquetas e etiquetas resolvidas dentro ou fora do prazo estabelecido.

A Figura 25 corresponde ao controle de gerenciamento de etiquetas utilizado na empresa estudada.

Figura 24 – Exemplo de análise de quebra e falha.

ANÁLISE DE QUEBRA FALHA										
Participantes da Análise:				Nº ANÁLISE:	01					
CARLOS JÚLIA				Nº DA NOTA:	10669355					
				DATA DA OCORRÊNCIA:	20/07/2022 22/09/2022					
SETOR	MÁQUINA:			DURAÇÃO:	74 h					
INJETORAS ROTATIVAS	INJ 039									
Ocorrência:										
VAZAMENTO NO CONJUNTO DE DISTRIBUIDOR DA MESA										
Modalidade: <input checked="" type="checkbox"/> Mecânica <input type="checkbox"/> Elétrica <input type="checkbox"/> Ferramentaria <input type="checkbox"/> Outros _____										
É quebra repetitiva: <input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO				Existe análise de quebra: <input type="checkbox"/> SIM <input checked="" type="checkbox"/> NÃO Nº:						
Havia Etiqueta Aberta Neste Ponto? <input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO				Vermelha Nº: 10669196		Azul Nº:				
Ação Corretiva Executada:				Ilustração (Se o desenho/foto estiver em outra folha, favor anexar)						
Realizada a substituição dos reparos danificados e recuperação do eixo do conjunto do distribuidor										
ANÁLISE DOS PORQUÊS	<input checked="" type="checkbox"/>	1º ROUND	<input checked="" type="checkbox"/>	2º ROUND	<input checked="" type="checkbox"/>	3º ROUND	<input checked="" type="checkbox"/>	4º ROUND	<input checked="" type="checkbox"/>	5º ROUND
	<input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE O REPARO ESTAVA DESGASTADO	<input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE O REPARO ESTAVA RESSECADO	<input type="checkbox"/>	PORQUE O MATERIAL NÃO ESTÁ SUPORTANDO A TEMPERATURA DE TRABALHO	<input type="checkbox"/>	PORQUE O TEMPO DE EXPOSIÇÃO DA VEDAÇÃO AO CALOR FOI EXCESSIVO	<input type="checkbox"/>	PORQUE NÃO FOI REALIZADA A TROCA DA VEDAÇÃO NO PERÍODO CORRETO
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	PORQUE O REPARO FOI INSTALADO DE FORMA INCORRETA	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	<input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE O EIXO ESTAVA COM RANHURAS	<input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE A VEDAÇÃO ESTAVA MAIS RÍGIDA QUE O ORIGINAL	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE O TRATAMENTO DA PISTA DO EIXO NÃO SUPOU O ATRITO DA VEDAÇÃO	<input checked="" type="checkbox"/>	PORQUE O TRATAMENTO DE CROMO DESPRENDEU DO EIXO	<input checked="" type="checkbox"/>	POR QUE O TRATAMENTO DE CROMO NÃO É ADEQUADO PARA ESTE TIPO DE TRABALHO	<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
<input checked="" type="checkbox"/> PROCEDE <input type="checkbox"/> NÃO PROCEDE										
Nº	AÇÕES DE MELHORIA PARA EVITAR REINCIDÊNCIA			DURAÇÃO PREVISTA	PRAZO	RESPONSÁVEL	O.S.	STATUS		
01	CRIAR PLANO DE SUBSTITUIÇÃO PERIÓDICA DAS VEDAÇÕES - 2 ANOS			4H	29/10/2022	JÚLIA / FORN.		OK		
02	CRIAR INSTRUÇÃO DE TRABALHO PARA MONTAGEM			4H	10/09/2022	CARLOS / JÚLIA	4942280	OK		
03	AQUISIÇÃO DAS FERRAMENTAS ADEQUADAS			2H	10/09/2022	CARLOS / JÚLIA	4942281	OK		
04	METALIZAÇÃO DO EIXO			8H	19/08/2022	FORNECEDOR	4942282	OK		
05	COMPRAR GAXETA PARKER CORRETA CONFORME ORIENTADO PELO FABRI			1H	29/10/2022	JÚLIA / LUCIANO		OK		

Fonte: Dados da Empresa.

4.2.4 Etapa 04 do MP: Estruturação de um sistema de manutenção periódica

A empresa já possuía uma gestão para criação dos planos de manutenção preventiva. No entanto, com a implementação da metodologia TPM, os planos de manutenção da máquina piloto passaram por uma atualização. Esses planos são alimentados com informações técnicas relativas às atividades de manutenção, e também foi incluído informações à respeito do tempo e da periodicidade de cada atividade.

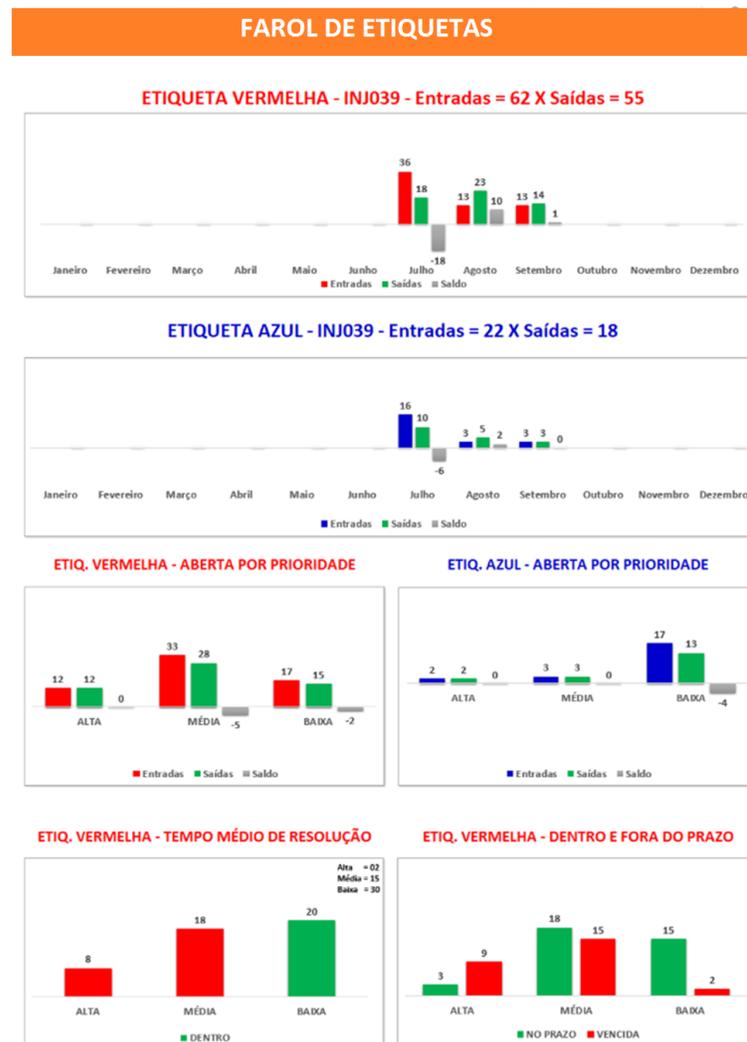
4.2.5 Etapa 05 do MP: Estruturação de um sistema de manutenção Preditiva

A empresa estudada possui técnicas preditivas para diagnóstico da máquina, como análise de óleo, de termografia e análise de ultrassom.

4.2.6 Etapa 06 do MP: Avaliação do sistema de manutenção planejada

Nessa etapa foram atualizados os controles para avaliação dos resultados obtidos no sistema de manutenção planejada, como MTTR, MTBF, OEE, Avaliar os Serviços Prestados (Indicadores de etiquetas, Redução do N° de quebras, Tempo médio de Detalhamento) e avaliar Redução de Custos de Manutenção. Todos essas avaliações serão detalhadas na sessão seguinte de Resultados obtidos.

Figura 25 – Gerenciamento de Etiquetas

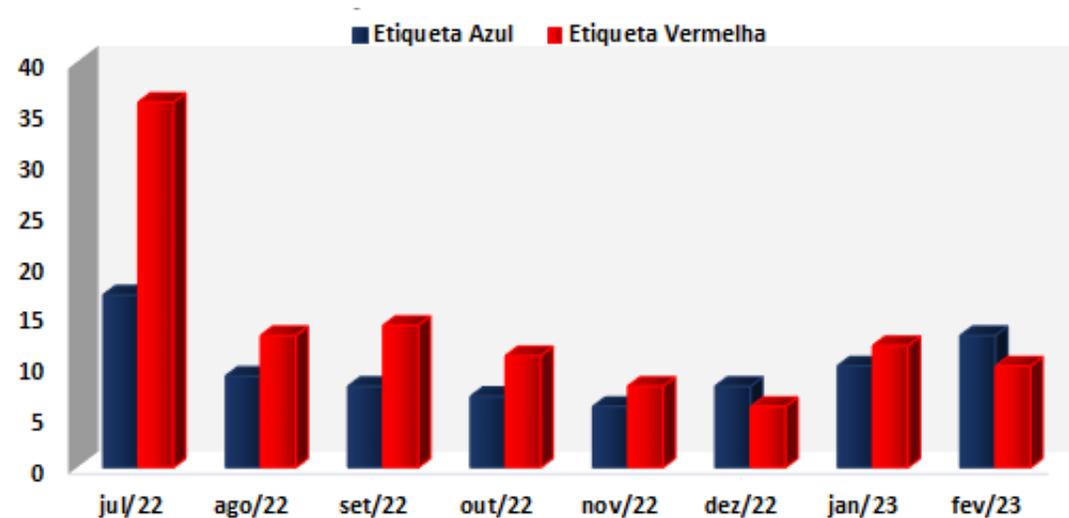


Fonte: Dados da Empresa.

4.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS

Uma condição importante para o avanço da implementação dos Pilares de Manutenção Autônoma e Planejada da TPM foram os treinamentos aplicados para os operadores, bem como o desenvolvimento dos Check lists de Limpeza e Inspeção desde o início da implementação, que ocorreu em Julho de 2022. Pois proporcionaram a estruturação das condições básicas da máquina e o aumento da capacitação técnica dos operadores. Conforme gráfico presente na Figura 26, nota-se que ao longo do tempo os problemas levantados para resolução da manutenção foram cada vez mais realizados pela equipe operacional.

Figura 26 – Gráfico de Anomalias Resolvidas



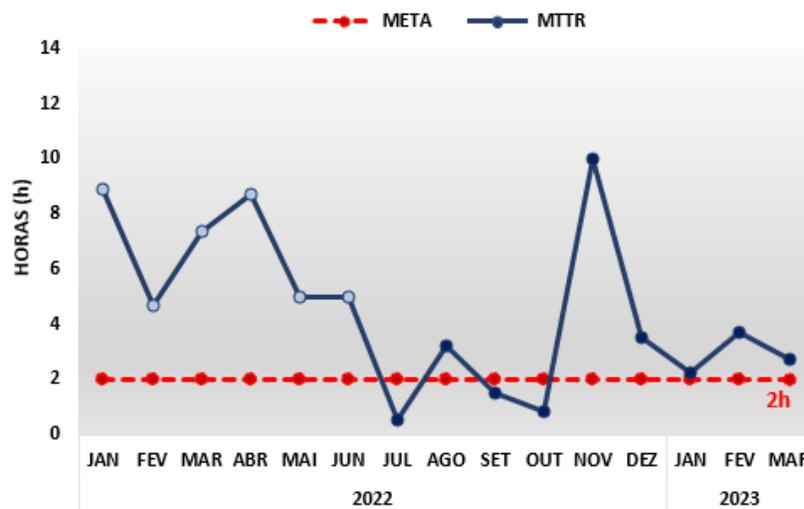
Fonte: Dados da Empresa.

Então, de acordo com o dados apresentados acima, pode-se concluir que houve um maior domínio e conhecimento dos operadores em seus processos e máquina, maior capacidade de identificação e resolução de anomalias e um aumento da mão de obra técnica do setor de manutenção para trabalhar as estratégias de manutenção preventiva, preditiva e melhorias de processo.

Para a análise do tempo médio entre falhas (MTBF) e o tempo médio de reparos (MTTR) foram coletados os tempos do período de julho de 2022 a março de 2023. Tendo em vista que a implementação iniciou-se em Julho de 2022 e a fim de garantir uma análise comparativa, foram utilizados 6 meses antecedentes da implementação da metodologia. Os tempos de MTBF e MTTR foram coletados diariamente a partir do apontamento de paradas no software de monitoramento Injet, e para cada mês de pesquisa foi realizado uma média mensal. As Figuras 27 e 28 correspondem aos gráficos comparativos de MTTR e MTBF, respectivamente, antes e após a implementação do TPM.

Conforme mencionado, a Figura 27 refere-se ao tempo de MTTR coletado da máquina injetora, estes tempos influenciam diretamente a disponibilidade da máquina. Logo, o objetivo está na otimização do mesmo. Analisando o gráfico, é possível identificar uma evolução positiva nos tempos de MTTR, onde comparados aos meses antes da implementação do TPM os índices permaneceram melhores, em média houve uma redução de 3,5h do MTTR. Vale ressaltar que o mês de Novembro impactou na evolução, pois houve uma quebra de nível grave na máquina, que resultou em um alto índice de MTTR, mas após a identificação e resolução do problema, o indicador passou a apresentar resultados melhores.

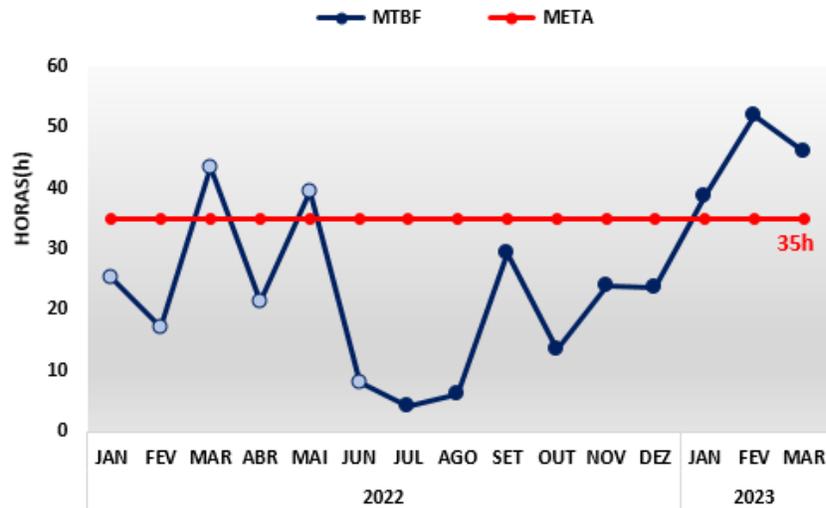
Figura 27 – Gráfico de MTTR



Fonte: Dados da Empresa.

O gráfico presente na Figura 28 refere-se ao MTBF coletado da máquina injetora, onde com a implementação dos pilares de manutenção autônoma e planejada as falhas podem ser reduzidas e conforme elas diminuem há um aumento no MTBF, além de garantir maior confiabilidade à máquina. Analisando o gráfico é possível identificar uma evolução positiva nos tempos de MTBF, onde comparados aos meses antes da implementação do TPM os índices permaneceram melhores, em média houve um aumento de 0,5h do MTBF. A partir do mês de Janeiro de 2023, o indicador conseguiu atingir a meta proposta de 35h.

Figura 28 – Gráfico de MTBF

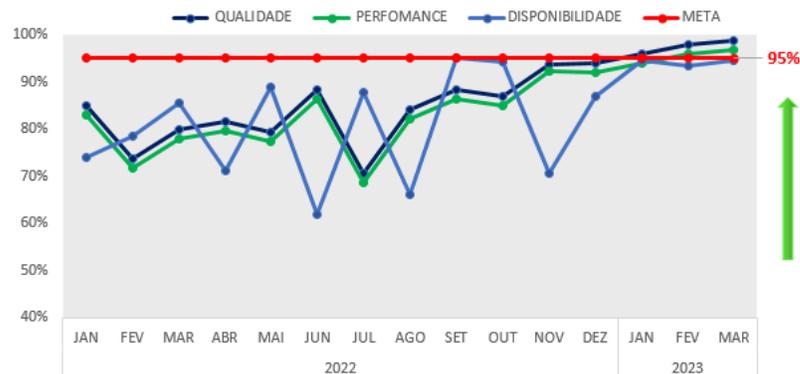


Fonte: Dados da Empresa.

Um dos pontos cruciais para evolução dos indicadores de MTTR e MTBF foi a implementação do pilar de manutenção autônoma, pois tem como objetivo garantir aos operadores uma maior autonomia para com sua máquina. Ou seja, os operadores possuem o conhecimento para realizar pequenos reparos, otimizando o tempo de espera para detecção e resolução do problema, não havendo a necessidade de gastar um tempo de espera por um mantenedor.

Para a análise da evolução dos resultados dos índices de OEE foi utilizada a Figura 29, tendo como objetivo informar os resultados antes e após a implementação dos pilares de Manutenção Autônoma e Planejada do TPM.

Figura 29 – Resultado dos índices de OEE



Fonte: Dados da Empresa.

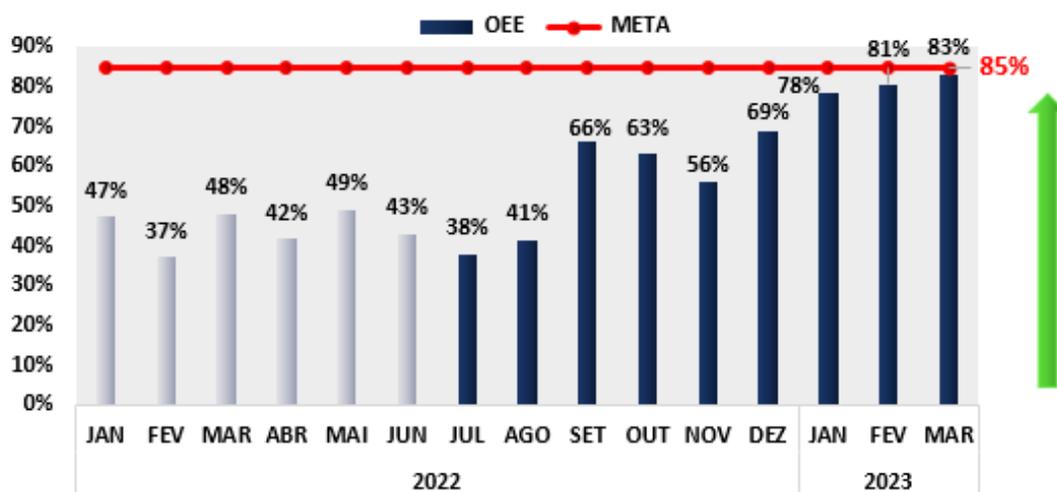
Por meio da Figura 29, nota-se que todos os índices de OEE apontaram uma melhora ao longo do tempo. O indicador de Disponibilidade, resulta o tempo percentual que a máquina está disponível para produção, onde em média teve-se um aumento de 10% após a implementação. Vale ressaltar que mesmo após a implementação, em Novembro de 2022 houve uma queda no índice de disponibilidade da máquina devido a uma quebra acentuada e recorrente na máquina.

O indicador de Desempenho reflete no quão bem a máquina produziu enquanto estava disponível. Logo, conforme a Figura 29, houve, em média, um aumento significativo de 9% quando comparado a média dos meses anteriores a implementação.

Já o indicador de Qualidade nos diz a qualidade daquilo que saiu da máquina, ou seja, quantos itens bons foram produzidos em relação ao total de itens produzidos. Então, conforme análise da Figura 29, nota-se um aumento, em média de 9% quando comparado a média dos meses anteriores a implementação.

Após análises dos resultados obtidos para os índices de eficiência global do equipamento (OEE), tem-se, na Figura 30 os resultados de OEE, onde pode-se verificar um aumento significativo do indicador ao longo da implementação da metodologia, em média houve um aumento de 22%. Analisando os meses separadamente, observa-se que mesmo após o TPM houve uma queda do indicador OEE para 56%, que ocorreu devido a uma grande quebra na máquina, impactando diretamente nos indicadores de desempenho, disponibilidade e qualidade.

Figura 30 – Gráfico comparativo de OEE

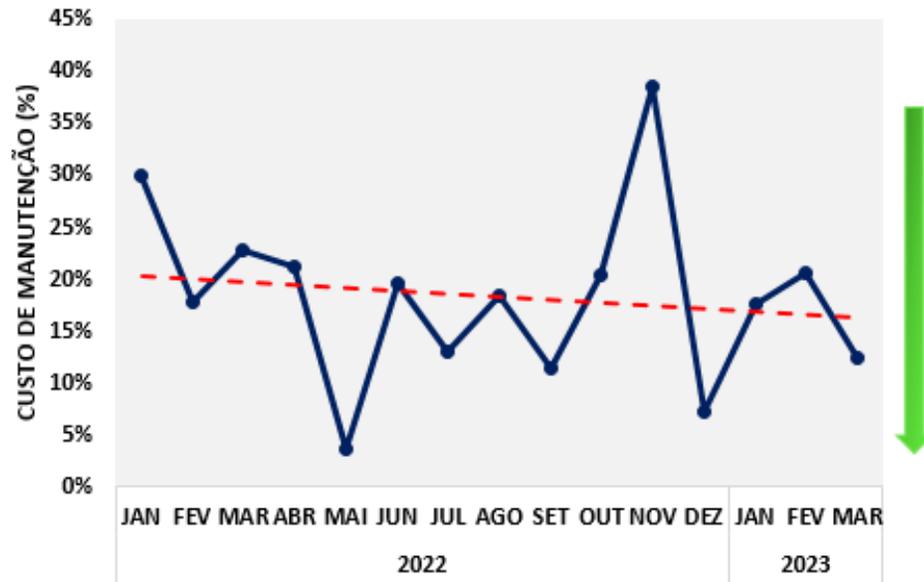


Fonte: Dados da Empresa.

Com relação ao custo de manutenção, observa-se na Figura 31 que houve uma redução em média de 5% comparado aos meses antes da implementação. O auto consumo com peças de reposição e mão de obra técnica e terceira justifica a baixa redução no custo de manutenção, pois

antes da implementação da metodologia do TPM, os equipamentos sofreram com depreciação por falta de um planejamento de manutenções planejadas.

Figura 31 – Custo de Manutenção



Fonte: Dados da Empresa.

5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados obtidos, podemos afirmar que a implementação da metodologia TPM trouxe ao grupo uma mudança cultural e de rotinas de trabalho positiva. O envolvimento das equipes de manutenção e operação para manter as condições básicas da máquina realizando atividades de limpeza, inspeção, identificação e resolução de etiquetas trouxe para a máquina uma melhora significativa dos indicadores de manutenção.

Como resultado, por meio da implementação do TPM, o indicador de manutenção mais importante da máquina, o OEE, teve em média, seu valor maximizado em 22% ao longo de 09 meses de metodologia implantada. Vale ressaltar que mesmo após o TPM, em Novembro de 2022 houve uma queda do indicador de OEE para 61%, resultado de uma grande quebra na máquina. Esse cenário impactou diretamente na evolução dos indicadores de manutenção, pois como resultado a máquina sofreu com baixa disponibilidade de produção e alto custo de manutenção. Após detecção e resolução do problema, o indicador OEE voltou a apresentar uma significativa evolução estando próxima de atingir a meta ideal de 85%.

De forma geral, quando comparados a outros estudos, como por exemplo o SIMOLDES (2016) e Azevedo (2018), destaca-se que os resultados obtidos com a implementação da metodologia TPM em uma empresa termoplástica são satisfatórios e estão em concordância com os objetivos dessa pesquisa. Ou seja, as pesquisas mostraram que, de fato, houve uma redução significativa no número de manutenções corretivas, no qual favoreceu o aumento do índice de disponibilidade da máquina. A metodologia também mostrou que atividades simples, como inspeção e limpeza da máquina resultam em uma melhoria crescente do indicador de OEE.

5.1 CONTRIBUIÇÕES

As contribuições desta pesquisa podem auxiliar no desenvolvimento de trabalhos semelhantes, associados a implantação desta metodologia, em qualquer ramo produtivo.

Além das oportunidades de melhorias para a empresa em estudo, o desenvolvimento dessa monografia possui grande relevância para minha formação como Engenheira Mecânica, tendo em vista que a implementação da metodologia TPM envolve várias áreas de atuação da empresa, com o objetivo comum em garantir a confiabilidade, disponibilidade e produtividade dos ativos. Então, são abordados conceitos de engenharia de manutenção para análises de quebra e falha dos equipamentos, resolução de problemas, busca de novas tecnologias e desenvolvimento de projetos, bem como, a utilização de ferramentas de qualidade estudadas durante a graduação.

Além disso, ter a oportunidade de participar da implementação de uma metodologia que envolve diferentes pessoas dentro de uma organização, desde a operação até cargos de liderança, contribuem para meu crescimento pessoal e profissional, ampliando a capacidade de análise e co-

nhecimento em manutenção.

5.2 LIMITAÇÕES E FUTUROS TRABALHOS

No que se refere as limitações e dificuldades encontradas para o desenvolvimento deste programa de manutenção, destaca-se a resistência à mudança, visto que a metodologia envolve uma mudança de cultura da empresa, então foi importante trazer para os envolvidos a importância do trabalho conjunto e mostrar o impacto nos resultados da empresa.

Para realização de trabalhos futuros, sugere-se ampliar a metodologia para outras máquinas da fábrica, a fim de manter uma padronização do sistema de manutenção da empresa. Também se faz importante realizar um estudo à respeito do tempo médio de retorno do investimento do capital para a implementação do TPM, bem como analisar o aumento do faturamento mensal da empresa com o ganho de horas disponíveis da máquina durante o período de implementação do projeto.

Referências

ABIPLAST. 2020. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil-2020/>> . Acesso em: 14 de Fevereiro de 2023. Citado 2 vezes nas páginas 12 e 14.

AZEVEDO, L. Tpm – total productive maintenance: uma oportunidade de negocio. **UNIVERSIDADE CESUMAR**, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 64.

BARROS, J. F. **A influência da gestão da manutenção nos resultados da organização**. [S.l.]: V Congresso Nacional de Excelência em Gestão, Rio de Janeiro, 2009. Citado na página 29.

ENESEP. **DISSEMINAÇÃO TPM - MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL NAS INDUSTRIAS BRASILEIRAS E NO MUNDO: UMA ABORDAGEM CONSTRUTIVA**. [S.l.: s.n.], 2018. Citado na página 21.

FURLAN; LEÃO. **Manutenção Autônoma: Um Estudo de Caso em Uma empresa de Embalagens Cartonadas**. [S.l.]: TCC (Graduação) - Curso de Administração, Faculdade Cenequista de Capivari SP – Facecap, 2010. Citado na página 26.

GIL. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. Antônio carlos gil. [S.l.: s.n.], 2002. Citado na página 39.

GIL. **Indicadores e Índices de Manutenção**. [S.l.]: EDITORA Moderna Ltda, 2006. Citado na página 29.

INJET. 2021. Disponível em: <<https://plasticovirtual.com.br/produto/injet/>>. Acesso em: 22 agosto 2021. Citado na página 43.

JIPM. **600 Forms Manual**. Japan. [S.l.: s.n.], 1995. Citado na página 53.

JURAN. **Controle da qualidade : conceitos, politicas e filosofia da qualidade**. 1ºed.. ed. São Paulo: Makron : McGraw-Hil, 1991. Citado na página 12.

KARDEC; NASCIF. **Manutenção : Função estratégica**. 2ºed.. ed. [S.l.]: Qualitymark, 2009. Citado 10 vezes nas páginas 16, 17, 19, 20, 21, 22, 24, 25, 26 e 28.

LIZMAYER. 2015. Disponível em: <<http://profissionaltech6.blogspot.com/2015/02/o-panorama-e-evolucao-do-processode.html>>>. Acesso em: 02 de Março de 2023. Citado na página 17.

MOUBRAY, J. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. 2ºed.. ed. [S.l.]: Editora Industrial Press, 1997. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 17.

NAKAJIMA. **Introdução ao TPM-Total Productive Maintenance**. [S.l.]: São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989. Citado 2 vezes nas páginas 25 e 30.

NBR5462. 1994. Disponível em: <<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/8044/abnt-nbr5462-confiabilidade-e-mantenabilidade>>. Acesso em: 22 agosto 2021. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 19.

OEE. 2023. Disponível em:<<https://oee.com.br/>>. Acesso em: 02 Abril 2023. Citado na página 30.

RIBEIRO, C. R. **Processo de implementação da Manutenção Produtiva Total (T.P.M) na indústria Brasileira**. [S.l.]: S67 f. Monografia (Obtenção da aprovação no curso de MBA em Gerência de Produção e Tecnologia) - Programa de PósGraduação em Administração, Taubaté, 2003. Citado 2 vezes nas páginas 13 e 21.

RIBEIRO, H. **Falando de qualidade: Total Productive Maintenance – Manutenção Produtiva Total**. [S.l.: s.n.], 2004. Citado na página 13.

RIBEIRO, H. **A Bíblia do TPM Como Maximizar a Produtividade na Empresa**. 1ºed.. ed. [S.l.]: Editora Viena, 2014. Citado na página 21.

RIBEIRO, H. **O PILAR DE MANUTENÇÃO AUTÔNOMA: Como fazer o operador o "Dono do Equipamento"**. [S.l.]: QLDF Hletjrf, 2016. Citado 6 vezes nas páginas 31, 33, 34, 35, 36 e 47.

SANDRINI. 2021. Disponível em:<<https://www.kimia.com.br/manutencao-autonoma-7-passos-pilar-tpm/>>. Citado 2 vezes nas páginas 41 e 42.

SAP. 2021. Disponível em:<<https://www.sap.com/>>. Acesso em: 22 agosto 2021. Citado na página 42.

SERGIO, A. **Desenvolvimento da metodologia TPM numa empresa do ramo automóvel - Instituto Superior de Engenharia de Coimbra**. [S.l.: s.n.], 2017. Citado na página 14.

SIMOLDES. 2016. Disponível em:<<http://www.simoldes.com/tool/en/html/m21.html>>. Citado 2 vezes nas páginas 14 e 64.

SLACK. **Administração da Produção**. 1ºed.. ed. SÃO PAULO: Atlas, 2002. Citado na página 18.

SOUZA, R. D. **Análise da gestão da manutenção focando a Manutenção Centrada na Confiabilidade: Estudo de Caso MRS Logística**. [S.l.]: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2008. Citado na página 21.

SUZUKI, T. **TPM in Process Industries**. 1ºed.. ed. [S.l.]: New York: CRC Press, 1994. Citado 12 vezes nas páginas 21, 23, 25, 26, 27, 31, 32, 33, 36, 37, 38 e 52.

TAVARES, L. **Administração Moderna de Manutenção**. [S.l.]: Editora – New, 1998. Citado na página 17.

TELES. 2016. Disponível em:<<http://engeteles.com.br/5s-como-base-para-o-tpm/>>. Acesso em: 20 de Março de 2023. Citado na página 27.

TELES. **Planejamento e Controle da Manutenção**. 1ºed.. ed. [S.l.]: Editora Engeteles, 2019. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 18.

TELES, J. **Bíblia do RCM**. 1ºed.. ed. [S.l.]: Editora Engeteles, 2019. Citado na página 17.

VERRI. Gerenciamento pela Qualidade Total na Manutenção Industrial Aplicação e Prática. [S.l.]: EDITORA Qualitymark, 2012. Citado na página 30.

VIANA, H. R. G. PCM: planejamento e controle da manutenção. [S.l.]: Rio de Janeiro:Quality, 2002. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 29.

XAVIER. 2008. Disponível em:<<http://www.manter.com.br/>>. Acesso em: 28 de Março de 2023. Citado na página 27.

XENOS. Gerenciamento a Manutenção Produtiva. 3ªed.. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2009. Citado 2 vezes nas páginas 16 e 35.