



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO – UFOP
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA



ISABELLE DIB MOLINA

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL PARA O
EQUIPAMENTO FORNO ELÉTRICO A ARCO: O CASO DE UMA
EMPRESA SIDERÚRGICA**

OURO PRETO - MG
2025

ISABELLE DIB MOLINA
Isabellemolina84@gmail.com

**APLICAÇÃO DA MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL PARA O
EQUIPAMENTO FORNO ELÉTRICO A ARCO: O CASO DE UMA
EMPRESA SIDERÚRGICA**

Monografia apresentada ao Curso de
Graduação em Engenharia Mecânica
da Universidade Federal de Ouro Preto
como requisito para a obtenção do
título de Engenheiro Mecânico.

Professor orientador: DSc. Washington Luis Viera da Silva

OURO PRETO – MG
2025

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M722a Molina, Isabelle Dib.

Aplicação da manutenção produtiva total para o equipamento forno elétrico a arco [manuscrito]: o caso de uma empresa siderúrgica. / Isabelle Dib Molina. - 2025.

70 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Washington Luis Vieira da Silva.
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Mecânica .

1. Manutenção Produtiva Total (TPM). 2. Fornos elétricos - Forno Elétrico a Arco. 3. Siderurgia. 4. Eficiência industrial. 5. Estrutura analítica de projeto. I. Silva, Washington Luis Vieira da. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 621

Bibliotecário(a) Responsável: Maristela Sanches Lima Mesquita - CRB-1716



FOLHA DE APROVAÇÃO

Isabelle Dib Molina

Aplicação da manutenção produtiva total para o equipamento forno elétrico a arco: o caso de uma empresa siderúrgica

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Mecânico

Aprovada em 27 de Março de 2025

Membros da banca

DSc. Washington Luis Vieira da Siva - Orientador (Universidade Federal de Ouro Preto)
DSc. Elisangela Martins Leal (Universidade Federal de Ouro Preto)
MSc. Sávio Sade Tayer (Universidade Federal de Ouro Preto)

Washington Luís Vieira da Silva, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 01/04/2025



Documento assinado eletronicamente por **Washington Luis Vieira da Silva, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 07/04/2025, às 20:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0891521** e o código CRC **1238909F**.

Gostaria de dedicar essa conquista primeiramente a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, a minha família e meus amigos que me acompanharam até aqui.

AGRADECIMENTO

Gostaria de iniciar expressando minha profunda gratidão à minha família, em especial aos meus pais, Tatiane e Ademir, que são minha base e meu maior alicerce. Sem o apoio incondicional deles, não teria chegado até aqui nem me tornado a pessoa que sou hoje.

Agradeço também a Deus e a Nossa Senhora Aparecida, por iluminarem meus passos ao longo dessa caminhada. Sou imensamente grata à UFOP e à Universidade Pública, que tornam possível um ensino gratuito e de qualidade, permitindo que tantos estudantes realizem seus sonhos.

Meu sincero agradecimento ao meu orientador, Washington, por todo o suporte e orientação nesse período desafiador que é a reta final da graduação. Aos meus amigos e à minha República Teoria do Caos, minha eterna gratidão por compartilharem essa jornada comigo.

“Presentemente eu posso me considerar um sujeito de sorte. Porque apesar de muito moço, me sinto são e salvo e forte. E tenho comigo pensado, Deus é brasileiro e anda do meu lado”

Sujeito de sorte - Belchior

RESUMO

A Manutenção Produtiva Total (TPM) busca maximizar a eficiência dos equipamentos industriais por meio da eliminação de perdas e da melhoria contínua dos processos. Este estudo de caso apresenta a aplicação dos pilares selecionados da TPM em um forno elétrico a arco (FEA) de uma empresa siderúrgica, com o objetivo de reduzir falhas operacionais e aumentar a confiabilidade do equipamento. A pesquisa justifica-se pela necessidade de otimizar a disponibilidade do forno, minimizar paradas não programadas e promover uma cultura de manutenção sistemática entre os operadores. A metodologia é classificada como qualitativa, exploratória, estudo de caso, bibliográfica e documental, além de envolver o levantamento de dados sobre desempenho e falhas do equipamento e a identificação das principais fontes de ineficiência. Os resultados obtidos seguem várias etapas, como: fatores que podem impactar no projeto; levantamento dos principais problemas e identificação de soluções para que eles não influenciassem e prejudicassem o desenvolvimento do projeto; e para aplicação, o projeto da Manutenção Produtiva Total no FEA ao seguir o escopo de 3 passos principais. O escopo compreende atividades como: definição do perímetro, time TPM, *Project Charter* com metas, desenvolvimento dos conceitos básicos de limpeza e inspeção por parte da produção e a cultura da não aceitação da deterioração forçada dos equipamentos; treinamento *kick-off* teórico e prático no equipamento piloto, revisão das rotinas de lubrificação no equipamento, etiquetagem contínua com os cartões TPM, início da atualização contínua dos indicadores de resultado e de atividade (KPI, KAI), reuniões de pilotagem, uso do quadro TPM na fábrica, treinamento do time de manutenção em cadastro técnico, gestão de sobressalentes, apontamento de ordens PM01/08, entre outras atividades. Conclui-se que a aplicação estruturada da TPM, devido ao escopo e aplicação do projeto, pode contribuir para o aumento da eficiência operacional e da competitividade na indústria siderúrgica, como na eficiência do processo de manutenção do equipamento.

Palavras-chave: manutenção, manutenção produtiva total, Pareto, forno elétrico a arco, aciaria, siderurgia, eficiência operacional, *breakdown*.

ABSTRACT

Total Productive Maintenance (TPM) seeks to maximize the efficiency of industrial equipment by eliminating losses and continuously improving processes. This case study presents the application of selected TPM pillars in an electric arc furnace of a steel company, with the aim of reducing operational failures and increasing equipment reliability. The research is justified by the need to optimize furnace availability, minimize unscheduled shutdowns, and promote a culture of systematic maintenance among operators. The methodology was classified as qualitative, exploratory, case study, bibliographic, and documentary, in addition to involving the collection of data on equipment performance and failures and the identification of the main sources of inefficiency. The results obtained followed several steps, such as: factors that may impact the project; identification of the main problems and identification of solutions so that they do not influence and harm the development of the project; and for application, the Total Productive Maintenance project in the EAF by following the scope of 3 main steps. The scope included activities such as: definition of the perimeter, TPM team, Project Charter with goals, development of basic concepts of cleaning and inspection by the production team and a culture of non-acceptance of forced deterioration of equipment; theoretical and practical kick-off training on the pilot equipment, review of lubrication routines on the equipment, continuous labeling with TPM cards, start of continuous updating of result and activity indicators (KPI, KAI), pilot meetings, use of the TPM board in the factory, training of the maintenance team in technical registration, management of spare parts, recording of PM01/08 orders, among other activities. It is concluded that the structured application of TPM, due to the scope and application of the project, can contribute to increasing operational efficiency and competitiveness in the steel industry, as well as in the efficiency of the equipment maintenance process.

Keywords: *maintenance, Total Productive Maintenance, Pareto, electric arc furnace, steelmaking, steel industry, operational efficiency, breakdown.*

LISTA DE SIMBOLOS

TPM – *Total Productive Maintenance*

MTBF – *Mean Time Between Failures*

MTTR – *Mean Time to Repair*

EAF – *Eletric Arc Furnace*

FEA – Forno Elétrico a Arco

NBR – Norma Brasileira

RCM – *Manutenção Centrada na Confiabilidade*

RBM – *Manutenção Baseada na Confiabilidade*

OEE – *Overall Equipment Effectiveness*

RCA - Root Cause Analysis

ITP – *Instrução de Trabalho Padronizada*

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Gráfico de Pareto com base no breakdown (JAN 21 – DEZ 21).....	3
Figura 2 - Mudança de Paradigma na Manutenção.....	6
Figura 3 - Tipos de Manutenção	7
Figura 4 - Classificação da Manutenção	7
Figura 5 - Pilares da Manutenção Produtiva Total	12
Figura 6- Os Oito Pilares da TPM	16
Figura 7 - Materiais e métodos	20
Figura 8- Processo produtivo empresa siderúrgica.....	23
Figura 9- Organograma da empresa.....	24
Figura 10- Esquema simplificado de um forno elétrico a arco.....	25
Figura 11- Layout Forno Elétrico a Arco	27
Figura 12- Perdas FEA	27
Figura 13- Top 5 perdas FEA	28
Figura 14- Fluxo cartão TPM	35
Figura 15- Exemplo de cartões TPM.....	36
Figura 16- Estrutura de cartões TPM.....	36
Figura 17- Gráfico de abertura dos cartões.....	37
Figura 18- Matriz de transferência de atividade MP/MA.....	42
Figura 19- Ícones usados no checklist	42
Figura 20- Mapeamento visual das fontes de contaminação	45
Figura 21- Linha do tempo GMC	47
Figura 22- Otimização das rotas	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Variável e indicadores utilizados na pesquisa	21
Tabela 2 - Relação de cartões	21
Tabela 3- Fatores que podem impactar no projeto.....	30
Tabela 4- Atividades TPM.....	31
Tabela 5- Atividades passo 1	33
Tabela 6- Tabela de frequência para avaliação	40
Tabela 7- Cronograma passo 2	44
Tabela 8- Mapeamento fontes de contaminação	45
Tabela 9- Cronograma passo 3	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Formulação do Problema	1
1.2	Justificativa	2
1.3	Objetivos	3
1.3.1	Geral	3
1.3.2	Específicos	3
1.4	Estrutura do Trabalho	4
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1	MANUTENÇÃO	5
2.2	MÉTODOS DE MANUTENÇÃO	6
2.2.1	MANUTENÇÃO CORRETIVA	8
2.2.2	MANUTENÇÃO PREVENTIVA	9
2.2.3	MANUTENÇÃO PREDITIVA	10
2.2.4	MANUTENÇÃO DETECTIVA.....	10
2.2.5	ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO.....	11
2.3	MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.....	11
	• Manutenção autônoma	13
	• Manutenção planejada	13
	• Melhorias Específicas	13
	• Educação e Treinamento	14
	• Manutenção da qualidade	14
	• Controle Inicial	15
	• TPM Administrativo	15
	• TPM - Seg. Hig MA	15
	• Melhoria Focada	16
	• TPM Office	16
3	METODOLOGIA	18
3.1	TIPO DE PESQUISA	18
3.2	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.3	VARIÁVEIS E INDICADORES.....	20
3.4	INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	21
3.5	TABULAÇÃO DE DADOS.....	21

3.6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	23
4.1	Características da Empresa/Setor	23
4.2	Características do equipamento	25
4.3	Seleção e análise dos subconjuntos do equipamento	26
4.4	Aplicação da TPM para o forno elétrico a arco	29
4.4.1	Passo 0	31
4.4.2	Passo 1	32
4.4.3	Passo 2	43
4.4.4	Passo 3	47
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	52
5.1	Conclusão.....	52
	REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	54

1 INTRODUÇÃO

1.1 Formulação do Problema

Com o passar do tempo é aceitável que os equipamentos não detenham as suas funções integrais de trabalho, porém para as empresas funcionarem com completude e segurança é necessário que haja uma manutenção adequada e programada de tempos em tempos nos maquinários, assegurando que eles detenham boas condições de uso, bem como aplicando métodos e ferramentas ligadas à manutenção.

Assim, de acordo com a Norma NBR 5462-1994 *apud* Xenos (1998, p. 18) a 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, manter significa fazer tudo que for preciso para assegurar que um equipamento continue a desempenhar as funções para as quais foi projetado, num nível de desempenho exigido.

Dentre as estratégias da manutenção, pode-se citar a corretiva, preventiva e preditiva. A manutenção corretiva, realizada apenas após a ocorrência de uma falha, tende a ser a mais cara entre os tipos de manutenção. Isso ocorre porque, além dos custos de reparo, podem surgir gastos adicionais com paradas não planejadas, perda de produção e danos a outros componentes do sistema. Por isso, tem-se investido cada vez mais na manutenção preventiva e preditiva.

Arelado a isso, a TPM (*Total Productive Maintenance*), que surgiu no Japão na década de 1950 tem como pilares a manutenção autônoma e planejada, na qual se utiliza a preventiva e preditiva como base, e a ferramenta tem objetivo de acordo com McCarthy *et al* (2015):

- Maximizar a eficácia do equipamento;
- Desenvolver um sistema de manutenção produtiva para a vida útil do equipamento;
- Envolver todos os departamentos que planejam, projetam, usam ou mantêm equipamentos na implementação do TPM;
- Envolver ativamente todos os colaboradores, desde a gestão de topo até aos trabalhadores do chão de fábrica;
- Promover o TPM através da gestão da motivação: atividades autônomas em pequenos grupos.

Para efeitos de aplicação do método, o estudo está direcionado para o setor siderúrgico, que abrange em seu processo produtivo etapas como: obtenção de matérias-primas, redução através do alto forno, conversão do ferro líquido em aço por meio da aciaria, laminação e modelagem desse material, a fim de buscar a melhoria das propriedades do aço, revestimento, teste e controle de qualidade e, no final do processo, embalagem e distribuição.

Nesse sentido, o estudo foi aplicado para o setor da aciaria que é responsável por receber o ferro-gusa proveniente do alto forno em estado líquido, e a partir disso, adicionar a sucata no forno elétrico a arco para transformar no aço específico. Ocorre também a redução do teor de carbono e de outros compostos presentes que podem ser consideradas impurezas e que diminuem a qualidade final do aço, e em seguida este é solidificado no formado de barras e são encaminhados para a etapa seguinte, nesse caso, a laminação.

Dessa maneira, na etapa da aciaria existe um equipamento denominado de Forno Elétrico a Arco, usado para fundir materiais metálicos, como sucata de aço, através da geração de um arco elétrico de alta temperatura entre eletrodos e o material. O calor intenso resultante do arco elétrico derrete o material, transformando-o em metal líquido. Nesse sentido, o estudo tem por objetivo aplicar a TPM para esse equipamento. Assim, de acordo com o contexto, tem-se a seguinte problemática:

Como aplicar a TPM para o equipamento forno elétrico a arco de uma empresa siderúrgica?

1.2 Justificativa

Este trabalho tem como objetivo a aplicação da TPM no equipamento forno elétrico a arco utilizando os quatro primeiros pilares da ferramenta, que são eles: manutenção autônoma, manutenção planejada, melhoria específica e educação e treinamento.

Segundo Resende (2014), após realizar alguns estudos de casos onde foi implementada a ferramenta de TPM, os índices tanto de produção quanto de disponibilidade aumentaram, além de que a ferramenta trouxe benefícios não só para a produção, mas uma qualidade maior de interação entre os setores de produção e manutenção.

A partir disso, são acompanhados vários indicadores dentro do sistema de produção, onde se pode citar como exemplo MTBF, ou seja, tempo médio entre as falhas, MTTR que é a sigla para o tempo médio de reparo e o *breakdown*, que significa que o equipamento deixou de funcionar devido a problemas mecânicos, elétricos, entre outros tipos de falha.

Dessa maneira, o *breakdown* foi utilizado para um estudo dentro da aciaria de uma empresa siderúrgica para determinar quais os equipamentos que mais falhavam como mostra a Figura 1.

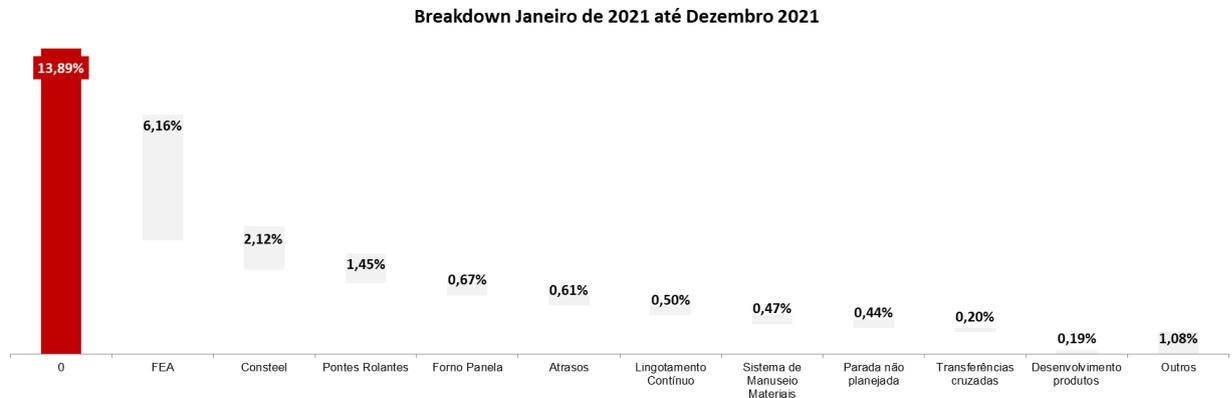


Figura 1- Gráfico de Pareto com base no breakdown (JAN 21 – DEZ 21)

Fonte: Empresa Pesquisada (2021)

Foi realizado um gráfico de Pareto, conforme Figura 1, e a partir dele é possível visualizar que o forno elétrico a arco (EAF) possui o maior percentual em relação ao índice de *breakdown*, fator primordial para ser escolhido como o projeto piloto da aciaria. A primeira barra do gráfico entende-se como o acumulado das porcentagens dos outros equipamentos.

Dessa maneira, ao final do estudo pretende-se verificar com a aplicação do TPM, a possibilidade de maximizar a eficiência do equipamento com redução das quebras e otimização da manutenção preventiva, melhoria do nível de qualidade fornecido pelo equipamento, além de promover desenvolvimento de pessoas qualificadas na operação e manutenção de equipamentos e proporcionar uma mudança cultural no que tange a não aceitação de deterioração forçada e aumento da sinergia entre produção e manutenção.

1.3 Objetivos

1.3.1 Geral

Aplicar a Manutenção Produtiva Total para o equipamento forno elétrico a arco de uma empresa siderúrgica.

1.3.2 Específicos

- Realizar uma fundamentação teórica sobre: manutenção, métodos de manutenção e Manutenção Produtiva Total;

- Desenvolver um procedimento metodológico para aplicar a Manutenção Produtiva Total para o equipamento forno elétrico a arco;
- Comparar os dados obtidos com a base teórica para aplicar a Manutenção Produtiva Total para o estudo.

1.4 Estrutura do Trabalho

O trabalho está dividido em cinco capítulos, onde no primeiro capítulo é apresentada a formulação do problema, a justificativa para a realização do trabalho e seus objetivos gerais e específicos. O segundo capítulo trata da fundamentação teórica dos conceitos e teorias a respeito da manutenção produtiva total. Já no terceiro capítulo é descrito sobre a metodologia utilizada no estudo e no desenvolvimento do programa de manutenção. O quarto apresenta os resultados e discussões obtidos a partir das análises realizadas e os seus ganhos. E para finalizar o quinto, apresenta as conclusões do estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MANUTENÇÃO

A manutenção representa um pilar fundamental em qualquer contexto que envolva a utilização de equipamentos, sistemas ou infraestruturas. Seja no ramo das indústrias, residencial, tecnológico, a eficácia do sistema e a confiabilidade dos elementos, dependem da aplicação de práticas de manutenção adequada.

De acordo com Slack *apud* Gregório *et al* (2018), manutenção é um termo utilizado para definir a forma como as empresas cuidam de suas instalações físicas ao tentar evitar falhas, considerando as consequências dessas para o sistema. São múltiplas as consequências acerca da falha de um todo, além de prejudicar no fluxo do processo, perda de produtividade e disponibilidade, pode também causar acidentes de trabalho.

Ainda segundo Gregório *et al* (2018), desempenhar uma função exigida significa eliminar falhas e/ou defeitos de determinados componentes, subsistemas e sistemas. A partir da NBR 5462 (1964) considera-se que um defeito é quando há um desvio de uma característica de um determinado item em relação aos requisitos que ele há de cumprir, e a falha por sua vez seria o fim da capacidade que um item tem de desempenhar sua função determinada.

Os autores Kardec e Nassif (2004) exemplificam a evolução da manutenção com o passar dos anos, através de um gráfico representado pela Figura 2.

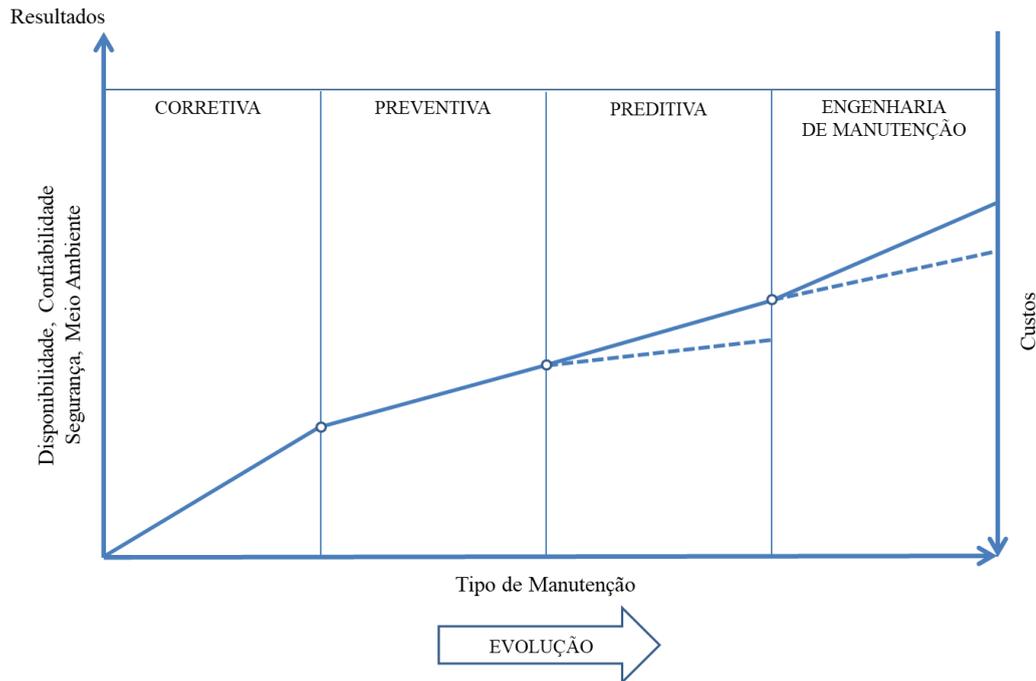


Figura 2 - Mudança de Paradigma na Manutenção
 Fonte: Kardec e Nassif (2004)

O gráfico representado pela Figura 2 tem como intuito apresentar as evoluções principalmente relacionadas ao custo da manutenção, ou seja, quanto mais se investe em manutenção preditiva e na engenharia de manutenção, menor o valor gasto com quebras nos equipamentos.

Além disso, de acordo de Kardec e Nassif (2004), percebe-se uma melhoria notável na Disponibilidade quando a abordagem de manutenção evolui da corretiva para a engenharia de manutenção. Essa mudança de paradigma não só aponta para a correção de falhas, mas também destaca uma perspectiva proativa que antecipa desafios e busca aprimoramento contínuo das atividades. A análise proposta pelos autores destaca a importância crucial dessa transição na maximização do desempenho e nesse sentido, fica evidente que estratégias de manutenção alinhadas com a engenharia desempenham um papel fundamental na otimização da eficiência operacional.

2.2 MÉTODOS DE MANUTENÇÃO

A manutenção por sua vez possui várias subcategorias e métodos para serem aplicados de acordo com o problema apresentado. Dessa forma, podem-se notar diversas classificações de acordo com os autores apresentados.

Para Kardec e Nassif (2004), as práticas de manutenção podem ser divididas em seis categorias, como apresentado na Figura 3.

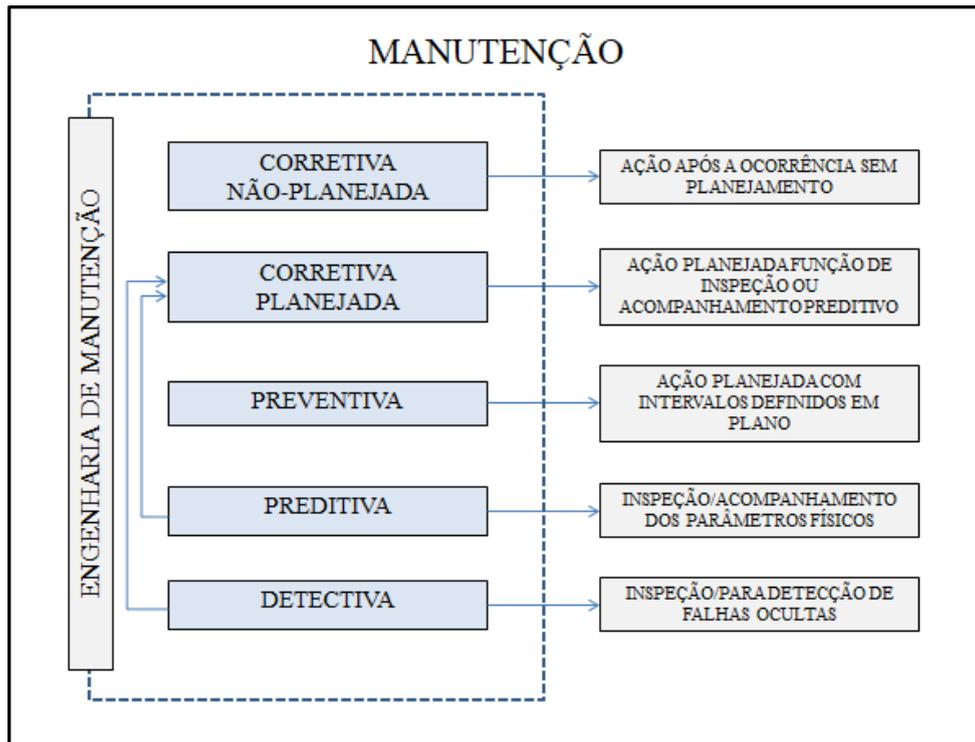


Figura 3 - Tipos de Manutenção
 Fonte: Adaptado de Kardec e Nascif (2004)

Na Figura 3 pode-se observar que os autores fazem uma classificação geral chamada de Engenharia de Manutenção, na qual, para obter o êxito é necessário que a prática das manutenções corretiva não planejada, corretiva planejada, preventiva, preditiva e detectiva sejam eficazes.

Além dos tipos de manutenção que Kardec e Nascif (2004) apresentam na Figura 3, também foram evidenciadas ferramentas que permitem a aplicação destas, são elas: Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM), Manutenção Baseada na Confiabilidade (RBM) e Manutenção Produtiva Total (TPM).

Em contrapartida, Gregório *et al* (2018) define os tipos de manutenção de acordo com a Figura 4.

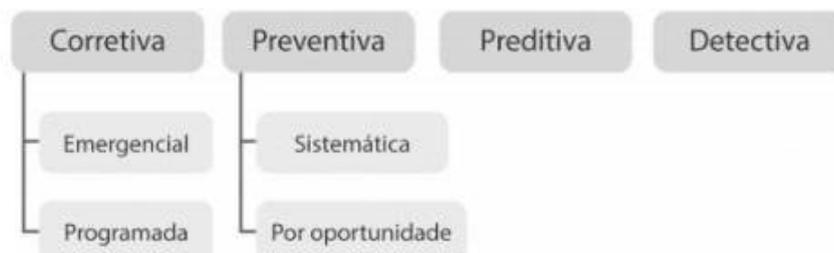


Figura 4 - Classificação da Manutenção
 Fonte: Gregório *et al* (2018)

Na Figura 4 é apresentada quatro subdivisões da manutenção são elas: manutenção corretiva, preventiva, preditiva e detectiva. Sendo que, a corretiva ainda é dividida em emergencial e programada e a preventiva em sistemática e por oportunidade.

Dessa maneira, pode-se perceber que existem formas de classificação da manutenção que diferem de autor para autor, mas entende-se que os princípios básicos e base são o mesmo para ambos, o que difere normalmente são os nomes empregados.

2.2.1 MANUTENÇÃO CORRETIVA

Os conceitos de manutenção como citado anteriormente, são modificados de acordo com o autor. Contudo, segundo a NBR5462 (1994, p.7) a definição de manutenção corretiva entende-se como: “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”.

Na visão de Xenos (1998, p.23), “a manutenção corretiva sempre é feita depois que a falha ocorreu”. Caso seja escolhido esse método de manutenção deve-se levar em conta os fatores econômicos, por exemplo, se o equipamento quebra e isso não impacta o fluxo de processo da empresa, a ponto de não gerar prejuízos altos, a manutenção corretiva é uma boa alternativa, mas se for um equipamento crítico onde pode gerar grandes perdas pela sua interrupção, a melhor tratativa é investir na manutenção que previna essas paradas.

A manutenção corretiva para Kardec e Nascif (2004, p.38) “é a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado”. É pontuado que ao adotar essa prática não necessariamente seja uma manutenção de emergência, pois é necessário levar em conta o desempenho deficiente e a ocorrência da falha em si.

Ainda para Kardec e Nascif (2004), existem duas subclassificações sobre essa manutenção que são elas: manutenção corretiva não planejada e manutenção corretiva planejada. De acordo com a definição proposta por Kardec e Nascif (2004 p.39), “Manutenção Corretiva Não Planejada é a correção da FALHA de maneira OBRIGATÓRIA”. Ou seja, é uma atuação em um problema que já aconteceu e que precisa ser realizado emergencialmente, pois o equipamento deixou de apresentar sua eficiência total.

Já na Manutenção Corretiva Planejada é a correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial. Normalmente a decisão gerencial se baseia na modificação dos parâmetros de condição observados pela manutenção preditiva (KARDEC e NASCIF 2004).

O conceito de manutenção corretiva para Gregório *et al* (2018, p. 15) é semelhante com os citados anteriormente, entende-se que:

A manutenção corretiva refere-se à realização das ações de reparo apenas após a falha do equipamento. Ela pode ser emergencial, quando realizada imediatamente após a falha, ou programada, quando se planeja a ação para um momento posterior à mesma.

2.2.2 MANUTENÇÃO PREVENTIVA

Conforme descrito na NBR5462 (1994), a manutenção preventiva é realizada em intervalos predeterminados ou quando atinge critérios já definidos, e ela tem como objetivo reduzir a probabilidade de acontecer uma falha ou então a degradação funcional do equipamento.

A manutenção preventiva, feita periodicamente, deve ser a atividade principal de manutenção em qualquer empresa. Esse método de manutenção tem como tarefa realizar recorrentemente inspeções, reformas e trocas de peças, se necessário. Com a prática, a frequência da ocorrência de falhas diminui e a disponibilidade dos equipamentos tende a aumentar (XENOS, 1998).

Apesar disso, o autor ainda faz uma comparação no ponto de vista do custo da manutenção. Segundo Xenos (1998), a manutenção preventiva tende a ser mais cara do que a corretiva, pois como citado, é necessário realizar a troca dos componentes só quando eles falham, mas na preventiva, é preciso fazer essa substituição antes mesmo deles chegarem ao final da sua vida. Dessa forma, é preciso comparar custo benefício em cada caso, seja deixar o processo parado por um tempo, ou realizar trocas de peças antecipadamente.

Para Kardec e Nassif (1998), entendem-se como manutenção preventiva as atuações realizadas no equipamento que tenham como objetivo final reduzir, evitar a falha ou então queda na desempenho do mesmo, e essa manutenção obedece um plano realizado antecipadamente e tem como base intervalos de tempos já definidos para realização das atividades.

A manutenção preventiva segundo Gregório *et al* (2018) pode ser dividida em duas subcategorias: sistemática, que tem como base intervalos já pré-definidos ou por oportunidade, que é quando é aproveitado algum espaço de tempo que o equipamento não esteja em operação, como exemplo, os momentos de *setup*.

2.2.3 MANUTENÇÃO PREDITIVA

A manutenção preditiva também descrita como manutenção controlada pela NBR5462 (1994) tem como objetivo focar assegurar a qualidade desejada dos serviços é realizado por meio da aplicação metódica de técnicas analíticas e este processo envolve a utilização de supervisão centralizada ou amostragem, com o propósito de minimizar a necessidade de intervenções preventivas e mitigar eventos de manutenção corretiva.

Para Xenos (1998, p.25) “a manutenção preditiva é mais uma maneira de inspecionar os equipamentos”. O autor ainda faz uma comparação com a manutenção preventiva, pois esta como citada pode ser considerada cara por realizar a troca dos equipamentos antes deles falharem, contudo a preditiva permite aperfeiçoar essas trocas a fim de conseguir estender o intervalo, porque consegue-se estabelecer uma relação de quando os componentes estarão próximos do seu limite.

Já para Kardec e Nassif (1998, p.44), a manutenção preditiva é definida como:

É a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática. Através de técnicas preditivas é feito o monitoramento da condição e a ação de correção, quando é necessária, é realizada através de uma manutenção corretiva planejada.

De acordo com Gregório *et al* (2018), a manutenção preditiva é o frequente monitoramento de parâmetros a fim de realizar atividades necessárias antes que o equipamento chegue no seu limite e falhe, ou seja, uma manutenção baseada na condição. Alguns parâmetros podem ainda ser monitorados pelos operadores, pois por meio das suas experiências, conhecem a maneira correta de funcionamento do equipamento.

2.2.4 MANUTENÇÃO DETECTIVA

Dos autores analisados anteriormente, a manutenção detectiva só está presente na literatura do Kardec e Nascif (1998) e da Gregório *et al* (2018), os demais autores enquadram esse tipo de manutenção em outra subcategoria.

A manutenção detectiva é a atuação efetuada em sistemas de proteção, comando e controle, buscando detectar falhas ocultas ou não perceptíveis ao pessoal de operação e manutenção (KARDEC E NASCIF, 1998). Dessa maneira, é necessário realizar atividades de verificação de forma constante nos equipamentos, para que essas falhas não surprenda a operação.

A manutenção detectiva é entendida como a inspeção para detecção de falhas ocultas de acordo com Gregório *et al* (2018), a autora cita um exemplo dos hospitais, que é comum a busca por falhas em geradores e válvulas de proteção, pois são equipamentos críticos nos quais, falhas não são aceitas.

2.2.5 ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO

Além das definições apresentadas anteriormente sobre os conceitos de manutenção, os autores Kardec e Nascif (1998) ainda trazem o conceito de engenharia de manutenção, que se entende pelo suporte técnico da manutenção onde está dedicado a consolidar a rotina e implantar a melhoria, tomando com base benchmarking e técnicas modernas a fim de nivelar com a manutenção de Primeiro Mundo. Kardec e Nascif (1998) citam algumas atribuições:

- Aumentar a confiabilidade;
- Aumentar a disponibilidade;
- Melhorar a manutenibilidade;
- Aumentar a segurança;
- Eliminar problemas crônicos, entre outros.

Em uma visão geral a engenharia de manutenção representa uma abordagem essencial na gestão eficiente de ativos, sistemas e infraestruturas em diferentes setores. Em um mundo onde a complexidade tecnológica e a dependência de equipamentos são crescentes, a necessidade de maximizar a disponibilidade, confiabilidade e desempenho operacional tornam-se cruciais. Dessa maneira a engenharia de manutenção surge como a disciplina que aplica princípios de engenharia para planejar, aperfeiçoar e executar estratégias que visam não apenas corrigir falhas, mas também preveni-las, promovendo assim a eficiência ao longo do ciclo de vida dos ativos.

2.3 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

A Manutenção Produtiva Total (*Total Productive Maintenance - TPM*) é uma estratégia essencial no contexto industrial, priorizando a maximização da eficiência operacional, aprimoramento da confiabilidade dos equipamentos e, conseqüentemente, o aumento global da produtividade organizacional. Mais do que um simples método de reparo, a TPM incorpora uma filosofia de gestão que envolve todos os membros da equipe, promovendo uma abordagem proativa para a prevenção de falhas, a redução de perdas e a eliminação de desperdícios.

De acordo com a análise feita por Cunha *et al* (2020, p.8) a TPM tem por base:

A prevenção na fonte e está focado em identificar e eliminar a fonte de deterioração do equipamento ao invés da abordagem mais tradicional de deixar o equipamento falhar para então repará-lo, ou realizar manutenção preditiva e preventiva para identificar reparos no equipamento antes da deterioração ocorrer e causar a necessidade de reparos geralmente caros.

A manutenção autônoma tem como base “da minha máquina cuido eu”, como conceituado pelo Viana (2006, p. 16), ou seja, os operadores têm a responsabilidade e o conhecimento para cuidar da manutenção básica de suas máquinas. Eles são incentivados a realizar inspeções regulares, limpeza, lubrificação e pequenos reparos para garantir o bom funcionamento e a confiabilidade dos equipamentos.

Dessa maneira, esse modelo de gestão é baseado em oito pilares conforme ilustrado na Figura 5, tanto a denominação quanto a ordem de cada um, variam de acordo com o autor, contudo a base é a mesma.

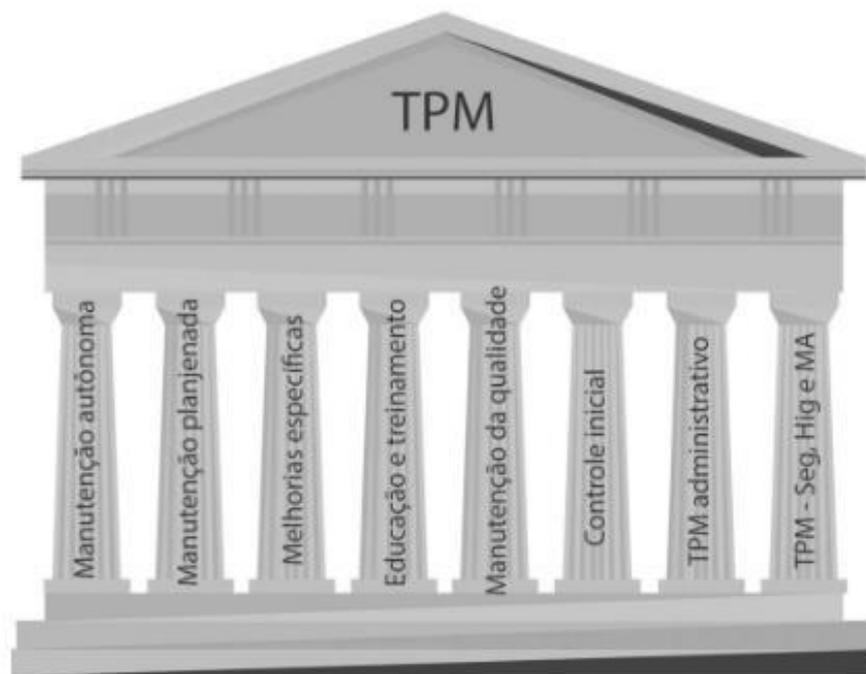


Figura 5 - Pilares da Manutenção Produtiva Total
Fonte: Gregório *et al* (2018)

De acordo com a estrutura apresentada na Figura 5, cada pilar aborda aspectos específicos relacionados à eficiência operacional e ao envolvimento dos funcionários, criando uma cultura de melhoria contínua. Neste contexto, ao explorar os principais pilares do TPM, será examinado como eles contribuem para a promoção da excelência operacional e a criação de um ambiente de trabalho mais eficiente e eficaz.

- **Manutenção autônoma**

O primeiro pilar, de acordo com a Gregório *et al* (2018), é a manutenção autônoma. Entende-se como uma estratégia inovadora que visa dar autonomia aos operadores e equipes de produção para assumirem responsabilidades na conservação e melhoria dos equipamentos, de acordo com a autora Gregório *et al* (2008). A autora ainda explique que não há ninguém que conheça mais do equipamento do que o próprio operador, por isso, aos primeiros sinais de divergência, o mesmo poderá iniciar as ações de correção.

A ideia central então é criar uma cultura de prevenção, em que os colaboradores se tornam defensores proativos da confiabilidade dos equipamentos, isso não apenas reduz os tempos de inatividade não programados, mas também fomenta uma mentalidade de melhoria contínua. Dessa forma, de acordo com Pinto, Xavier (2012) *apud* Gregório *et al* (2018, p. 184): “são características desse pilar: autogerenciamento, controle, autonomia de decisão e ação, elaboração de padrões e conscientização contínua dos valores especificados pela TPM”.

- **Manutenção planejada**

O segundo pilar de acordo com a Figura 5, aborda sobre a manutenção planejada, na qual tem como base uma estratégia que visa aperfeiçoar o desempenho dos equipamentos através do planejamento sistemático das atividades de manutenção, a mesma concentra-se em estabelecer planos estruturados e predefinidos para a manutenção programada, visando à prevenção de falhas e o aumento da eficiência operacional, de acordo com as análises feitas pela Gregório *et al* (2018, p.184).

Como esclarece a autora Gregório *et al* (2018), o principal objetivo desse tipo de manutenção é aumentar o OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), ou seja, a eficácia geral do equipamento, por meio do aumento da disponibilidade operacional. Além disso, explica também que é com esse pilar que é possível controlar a manutenção em ser nível macro dentro do perímetro.

- **Melhorias Específicas**

Este pilar definido como melhoria específica, de acordo com a autora Gregório *et al* (2018, p.184) concentra-se na identificação e eliminação sistemática das principais causas de perdas e ineficiências, abordando áreas específicas de oportunidade para aumentar a produtividade, qualidade e eficiência global. De acordo com a Gregório *et al* (2018, p.184),

este “é responsável pelo gerenciamento das informações de funcionamento dos equipamentos”.

Neste é direcionado a atenção para a identificação e eliminação das principais causas de perdas e ineficiências, segundo Gregório *et al* (2018, p.184), com uma atenção maior em áreas específicas que tenham oportunidade de impulsionar a produtividade, eficiência global e a qualidade também. A equipe envolvida no projeto, utilizam ferramentas como PDCA, *Kaizen*, para encontrar as causas raízes e para implementar as melhorias encontradas.

- **Educação e Treinamento**

Para Gregório *et al* (2018, p.184) esse pilar tem como objetivo capacitar e desenvolver habilidades dentro da organização por meio dos integrantes que compõe o TPM. Para a autora é por meio dele que é possível desenvolver uma equipe altamente qualificada e comprometida com os objetivos da metodologia. Este não aborda apenas a transmissão de ensinamentos, mas também a disseminação da mentalidade colaborativa, de responsabilidade e proatividade dos demais de acordo com Gregório *et al* (2018, p.184).

Os autores Pinto, Xavier (2012) apud Gregório *et al* (2018, p. 184) entendem que: “é a ampliação da capacitação técnica, gerencial e comportamental do pessoal ligado às ações de manutenção e operações”. Ou seja, é necessário um aprimoramento além das competências técnicas, é preciso englobar aspectos ligados ao comportamento e gerenciais. E essa ampliação é fundamental para a busca contínua pela melhoria e excelência que a metodologia aplica.

- **Manutenção da qualidade**

A manutenção da qualidade dentro da TPM é estratégica, pois a qualidade na metodologia não é apenas o objetivo final, mas também um pilar que integra e que depende de outros aspectos da gestão da manutenção. Neste a implementação de práticas proativas para garantir que a qualidade seja construída nos processos desde o início é essencial.

A manutenção da qualidade visa efetivar um programa de “zero defeitos” (PINTO; XAVIER, 2012) apud Gregório *et al* (2018, p.184). Dessa forma, uma administração integrada da manutenção de novos equipamentos é essencial para erradicar falhas desde as fases iniciais do projeto que são de grande complexidade.

- **Controle Inicial**

“O controle inicial se refere ao estabelecimento de um sistema de gerenciamento da fase inicial para novos projetos e/ou equipamentos” (PINTO; XAVIER *apud* GREGÓRIO *et al* 2018, p.184). Nesse contexto, ele está ligado diretamente à prevenção de falhas, ou seja, garantia da qualidade desde o início e à otimização do desempenho.

A abordagem do controle inicial quando ligado a TPM, refere-se em metodologias como a análise de modos e efeitos de falhas (FMEA), o desenvolvimento de planos de manutenção preventiva, o monitoramento contínuo das atividades implantado por meio de sistemas que permitem a identificação de desvios, entre outros métodos.

- **TPM Administrativo**

Esse pilar pode ser conhecido também por outros autores de pilar administrativo na abordagem *Total Productive Maintenance* (TPM), no qual amplia os princípios e práticas da TPM tradicional, e tem como objetivo reconhecer a importância de estender as vantagens dos métodos para as áreas administrativas também. De acordo com Gregório *et al* (2018, p.185): “os processos são organizados com o fim de otimizá-los em rapidez, qualidade e confiabilidade, e seu objetivo é reduzir perdas administrativas”.

- **TPM - Seg. Hig MA**

O último pilar refere-se a segurança, saúde e o meio ambiente e tem como objetivo o “nível zero” de acidentes tanto ambientais quanto do trabalho. Ou seja, a TPM não busca otimizar a eficiência operacional e a manutenção de equipamentos, mas também prioriza a segurança e a saúde dos colaboradores. A organização quando aplica esse pilar, busca criar uma cultura entre os colaboradores onde à prevenção de acidentes, mitigação de riscos e cuidado com a saúde seja prioridade.

A nomenclatura como citado anteriormente pode variar de acordo com a análise de cada autor, dessa forma, um exemplo que se pode citar é a divisão proposta por Kardec e Nassif (2004), que possui dois pilares com nomenclaturas diferentes em relação aos citados anteriormente, contudo apresentam o mesmo propósito da metodologia:

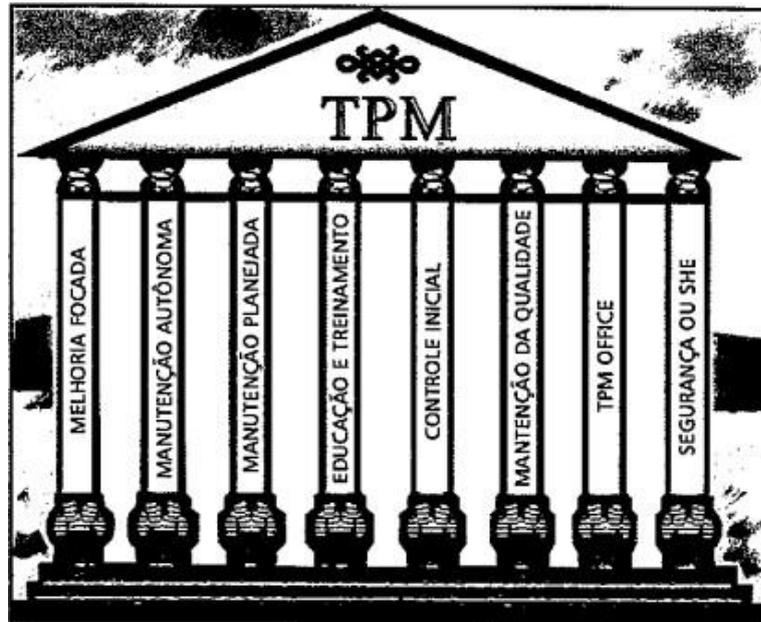


Figura 6- Os Oito Pilares da TPM
 Fonte: Kardec e Nassif (2004)

- **Melhoria Focada**

Entende-se por melhoria focada, como o próprio nome já sugere uma abordagem voltada para a Melhoria Contínua do desempenho geral de um sistema, segundo Kardec e Nassif (2004). Essa metodologia de acordo com os mesmos autores visa reduzir os problemas para então melhorar a performance do equipamento estudado. Os autores Kardec e Nassif (2004), mencionam inclusive um exemplo para melhor compreensão, então eles propõem que, reduzindo a vibração, ruído, temperatura, consumo de energia, interrupções, tempo de parada, custo, consegue-se aumentar no rendimento, vida útil, confiabilidade, velocidade e disponibilidade.

- **TPM Office**

Esse pilar tem o mesmo objetivo do TPM administrativo, apesar das nomenclaturas diferentes, o mesmo conforme Kardec e Nascif (2004, p.2001) propõe o “estabelecimento de um programa de TPM nas áreas administrativas, visando o aumento de sua eficiência”.

A compreensão dos princípios do TPM e sua aplicação específica em equipamentos críticos como o forno elétrico a arco não apenas promove a otimização dos processos de produção, mas também contribui para a redução de custos, o aumento da disponibilidade operacional e a melhoria contínua da qualidade. Neste contexto, este estudo se propõe a explorar metodologicamente a implementação da TPM no forno elétrico a arco, buscando

identificar os principais desafios, as estratégias de implementação e os impactos esperados para a operação e a gestão da manutenção nesse cenário específico. Agora, o estudo será direcionado para a descrição detalhada da metodologia empregada neste trabalho, delineando os passos e procedimentos adotados para a realização da pesquisa e a coleta de dados necessários para atingir os objetivos propostos.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA

A pesquisa assume um papel importante no mundo contemporâneo, sendo ela a principal responsável pelo avanço do conhecimento e tecnologias e através dessa ferramenta será possível alcançar a solução de problemas complexos e a inovação tecnológica. Esse método é guiado pelo estudo científico e tem como objetivo buscar respostas e novas descobertas por meio deste.

A respeito disso, Gil (2021, p.17), define: “pode-se definir pesquisa como o procedimento racional e sistemático que tem como objetivo fornecer respostas aos problemas que são propostos”. Os pesquisadores buscam contribuir para determinada área proporcionando soluções e respostas embasadas e confiáveis. Há várias razões para que realize uma pesquisa e podem ser classificadas em: razões de ordem intelectual e prática. A primeira provém do próprio desejo de conhecer e a segunda pelo propósito de fazer algo de maneira mais eficiente ou eficaz (GIL, 2021).

A metodologia exploratória tem como objetivo promover uma maior proximidade com o problema, a fim de deixá-lo mais claro e que seja possível construir hipóteses, de acordo com Gil (2021). O autor ainda explica que o planejamento para essa metodologia tende a ser bem flexível no quesito de considerar vários aspectos relativos ao objeto de estudo selecionado (GIL, 2021)

O método de pesquisa pode ser classifica segundo os métodos empregados, que são eles: qualitativo e quantitativo. A pesquisa qualitativa tem como objetivo dar ênfase na compreensão profunda e interpretativa tanto dos fenômenos sociais quanto dos humanos, e esse método geralmente envolve a coleta de dados descritivos e não numéricos. De acordo com Lakatos e Marconi (2010, p.295):

Na qualitativa, o problema não sai da cabeça do pesquisador, mas é resultado da imersão do pesquisador na vida e no contexto da população pesquisada; o problema é estabelecido pelos sujeitos da pesquisa; não é constituído aprioristicamente, mas apenas depois do reconhecimento das informações das pessoas e dos grupos envolvidos.

Em contrapartida, a pesquisa quantitativa se baseia na ênfase da coleta e análise dos dados numéricos, permitindo, por exemplo, a quantificação e a identificação dos padrões por meio de técnicas de estatísticas. De acordo com Collado e Lucio *apud* Lakatos e Marconi

(2010, p.295), “enfoque quantitativo se volta para a descrição, previsão e explicação, bem como para dados mensuráveis ou observáveis”.

A pesquisa bibliográfica, segundo Gil (2021), é baseada em materiais que já foram publicados como livros, revistas, jornais e tem uma vantagem que é uma cobertura ampla de fenômenos que já aconteceram, em contrapartida, o material analisado pode estar desatualizado com a situação atual e para reduzir esse problema, é necessária que o pesquisador analise profundamente cada informação coletada e valide em outros meios.

Além disso, é necessário assegurar que a fonte de pesquisa seja confiável e com uma base de dados histórica rica. De acordo com Lozada *et al* (2018, p.150) e suas reflexões sobre várias visões de outros autores, a pesquisa bibliográfica “propicia o exame de um tema para que o pesquisador construa um enfoque ou abordagem nova sobre ele, com o objetivo de chegar a conclusões inovadoras e que componham a sua gama conceitual”.

O levantamento documental como explica Lozada *et al* (2018), possui uma relação bem próxima com a bibliográfica em relação ao método de desenvolvimento, pois os mesmos utilizam o mesmo procedimento para a coleta de dados, contudo o que os diferenciam são as fontes, enquanto a bibliográfica foca nas informações provindas dos livros, o documental irá utilizar documentos que ainda não receberam um tratamento analítico de acordo com Gil *apud* Lozada *et al* (2018).

Gil (2018) ainda cita exemplos sobre os documentos mais utilizados nesse tipo de pesquisa, que são eles: documentos institucionais; documentos pessoais; material elaborado para fins de divulgação; documentos jurídicos; documentos iconográficos; registros estatísticos.

O estudo de caso, de acordo com Gil (2018), tem como objetivo um estudo aprofundado de um ou poucos casos de maneira que permita o seu detalhado conhecimento. Ou seja, estudar minuciosamente um projeto que já tenha sido executado em um determinado equipamento, por exemplo, e através dos resultados e da metodologia aplicada, alcançar informações necessárias.

Assim, de acordo com o contexto, o trabalho é classificado de caráter exploratório com critérios qualitativos, bibliográfico, documental a partir de um estudo de caso da aplicação do TPM em um forno elétrico a arco, com base na experiência aplicada na empresa.

3.2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento do estudo são determinadas algumas etapas conforme a Figura 7 mostra:

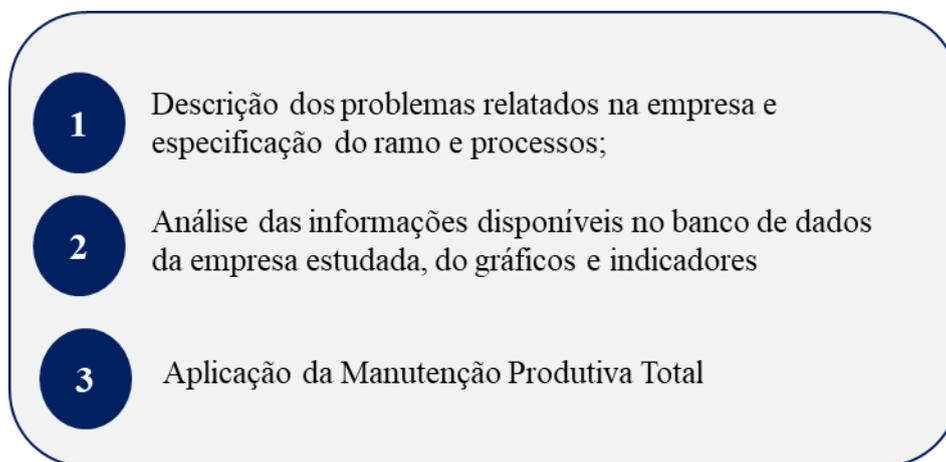


Figura 7 - Materiais e métodos
Fonte: Pesquisa Direta (2024)

De acordo com a Figura 7, o primeiro passo é descrever os problemas relatados na empresa e especificar sobre o ramo de atuação e processos. A segunda parte consiste em analisar as informações disponíveis no banco de dados, estudo dos gráficos disponibilizados para que esse equipamento fosse analisado e os indicadores antes da aplicação do estudo. A última etapa é aplicar a manutenção produtiva total, a fim de apresentar todos os passos e metodologias utilizadas.

3.3 VARIÁVEIS E INDICADORES

Para uma compreensão mais clara do conteúdo deste trabalho, é essencial compreender os conceitos de variáveis e indicadores, bem como suas funções principais. Isso permitirá perceber a necessidade real desses elementos em um estudo de caso. Segundo Lakatos e Marconi (2010, p.185), “uma variável pode ser considerada uma classificação ou medida; uma quantidade que varia; um conceito”.

Tadachi e Flores (1997) definem os indicadores como maneiras de mensurar e que a partir disso é possível representar características de processo e produto, além de conseguir acompanhar e controlar a melhora na qualidade ao longo de determinado período.

Dessa maneira, para esse estudo de caso foi definida a variável de gestão da manutenção e os indicadores que serão acompanhados: porcentagem de *breakdowns* nas

plataformas de trabalho EAF, KT e Basculamento do forno, porcentagem do custo de manutenção de rotina com corretivas, MTBF(h) e MTTR(min), como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Variável e indicadores utilizados na pesquisa

Variável	Indicadores
TPM	- Educação e Treinamento; - Eliminação de Perdas; - Manutenção Profissional; - Manutenção autônoma.

Fonte: Empresa Pesquisada (2021)

3.4 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

A partir do acesso ao banco de dados da empresa, foi possível coletar e utilizar todas as informações a respeito desse projeto da aplicação da manutenção produtiva total no forno elétrico a arco. Ao longo do projeto, foram acompanhados por meio de uma tabela no Excel a evolução dos indicadores e também a quantidade de cartões que estavam sendo abertos e fechado, conforme mostra a Tabela 2:

Tabela 2 - Relação de cartões

EQUIPAMENTO	ANO			
	S1	S2	S3	S4
SEMANAS				
Cartões abertos				
Cartões concluídos				
Cartões abertos acumulados				
Cartões concluídos acumulados				

Fonte: Empresa Pesquisada (2021)

A partir disso, com os valores preenchidos na Tabela 2, é possível gerar um gráfico a fim de deixar mais visualmente apresentado, e facilitar a visualização dos dados.

3.5 TABULAÇÃO DE DADOS

Os dados serão obtidos pela pesquisa e documentados serão registrados e tabulados no *software* Microsoft Excel e para uma melhor visualização, será apresentado no Microsoft Power Point.

3.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste capítulo foram apresentadas as ferramentas utilizadas para o desenvolvimento e concretização desta pesquisa, cujos instrumentos escolhidos, estão de acordo com o objeto proposto na mesma. No capítulo seguinte apresentam-se o estudo de caso, os resultados obtidos e suas discussões.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Características da Empresa/Setor

Uma empresa siderúrgica está envolvida na produção e comercialização de materiais siderúrgicos. Essa empresa desempenha um papel importante na economia, sendo responsável pela produção de aço e pela transformação desse material em produtos utilizados em diversas aplicações.

O aço com sua versatilidade pode ser utilizado em inúmeras atividades e seguimentos, como por exemplo: automotivo, construção civil, máquinas e equipamentos, circuitos e cilindros, petróleo, entre outros.

A empresa engloba vários tipos de processo e atividades, a mesma acompanha o processo desde o beneficiamento do minério, passando pelo alto-forno, aciaria, laminadores, acabadoras, entre outros processos, dependendo do tipo de aplicação do material (trefilaria, perfila, têmperas, entre outros).

A empresa estudada tem como principal diferencial a fabricação de tubos sem costura, com a versatilidade de diferentes tamanhos, diâmetros e especificações de acordo com a necessidade do mercado. Vale mencionar que a mesma comercializa os produtos tanto para o mercado interno, quanto para exportação, contribuindo para o crescimento econômico, geração de empregos e principalmente desenvolvimento industrial. A Figura 8 apresenta o processo:



Figura 8- Processo produtivo empresa siderúrgica
Fonte: Pesquisa direta (2025)

De acordo com a Figura 8 é possível compreender o processo de fabricação presente na empresa siderúrgica, dessa forma percebe-se que as atividades da empresa começam no beneficiamento do minério, onde surgem às pelotas que posteriormente serão encaminhadas para o alto forno e então, junto com o carvão vegetal, dá origem ao denominado ferro gusa. O gusa então será utilizado na aciaria, onde em contato com outras ligas e com as sucatas, dará origem ao aço. Esse processo da aciaria se inicia no forno elétrico a arco (FEA), passa pelo forno panela, degaseficador a vácuo, e por último lingotamento contínuo. Em seguida, caso o aço esteja dentro das normas, com as especificações necessárias, ele está pronto para ser laminado, tratado (caso necessite) e por fim, passará nas acabadoras, finalizando o processo.

A empresa estudada tem seu organograma dividido pelos setores do processo de fabricação, como apresentado na Figura 9:

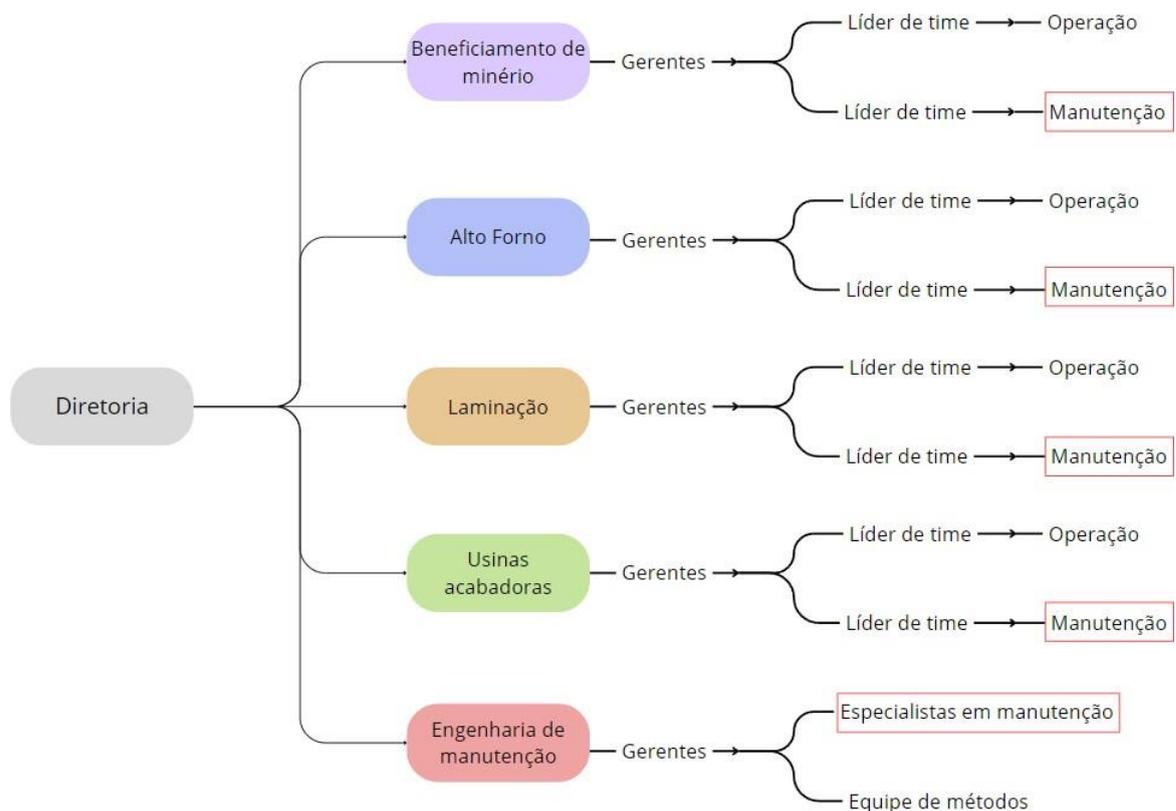


Figura 9- Organograma da empresa
Fonte: Pesquisa direta (2025)

De acordo com a Figura 9, pode-se observar como é dividida a empresa. Tem-se a gerência responsável pelo beneficiamento de minério, a do alto-forno, laminação, usinas acabadoras, além da gerência de manutenção. Dessa forma, é possível notar a autonomia dos setores, exceto da engenharia de manutenção que possui interface com as áreas de

manutenção dispersas pelos demais setores, onde os especialistas de manutenção fornecem apoio.

O projeto foi realizado pela equipe da aciaria da empresa, envolvendo tanto a operação quanto a manutenção de diferentes turnos, a fim de conseguir o máximo envolvimento no processo. Além da aciaria, a equipe de engenharia de manutenção também participou ativamente, visto que os treinamentos iniciais e acompanhamento da realização dos passos da TPM foram supervisionados pelos mesmos.

4.2 Características do equipamento

O objeto de estudo e aplicação da metodologia da Manutenção Produtiva Total é o Forno Elétrico a Arco. O equipamento começou a produzir no ano de 2011 e permanece até a data de publicação do projeto. O forno é flexível o suficiente para aceitar diferentes tipos de mix de cargas, então para seu funcionamento há uma faixa em que ele permite variar a porcentagem de sucata, gusa sólido e gusa líquido.

Através da Figura 10 é possível entender o layout do componente estudado neste trabalho. Os eletrodos posicionados na parte superior do forno geram os arcos elétricos responsáveis pelo aquecimento do material. A energia térmica proveniente desses arcos, combinada com a radiação emitida, eleva a temperatura interna do forno a níveis extremamente altos, promovendo a fusão da carga metálica. Além disso, parte do calor gerado é transferido por condução e convecção, contribuindo para a eficiência do processo.

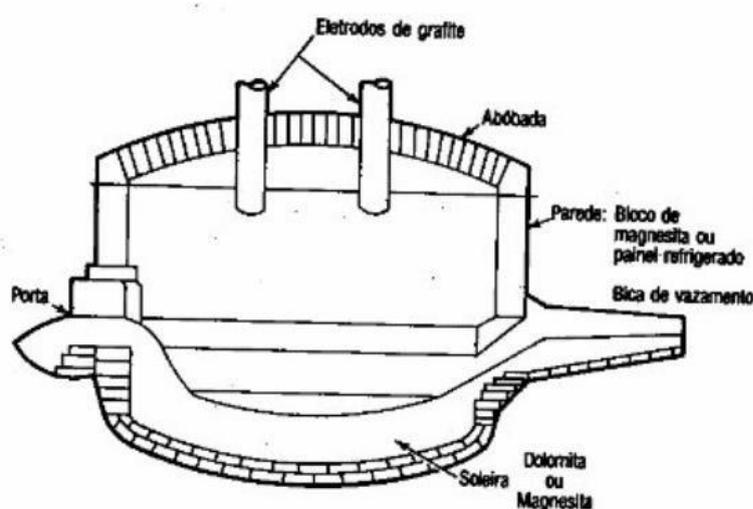


Figura 10- Esquema simplificado de um forno elétrico a arco
Fonte- SILVA e MEI (1988)

A Figura 10 apresenta a imagem simplificada de um forno elétrico a arco, e está sendo utilizado como comparação com o equipamento estudado. O objeto de estudo possui uma capacidade de 140 toneladas métricas e possui as características apresentadas:

- Produtividade do FEA: 150ton/h;
- Condição de vazamento com uma temperatura a 1650°C e um tempo necessário de aproximadamente uma hora;
- Produção anual nominal de aço líquido de 1.050.000 ton por ano;

O equipamento foi todo projetado para que em paradas de manutenção não houvessem muitos problemas para atuação. Por exemplo, as cascas inferiores e superiores são do tipo dividido o que permite que elas sejam removidas para manutenção pelo guindaste, além de que, caso aja a necessidade de substituição da mesma, o layout foi estudado para ser permitida essa troca sem qualquer interferência com todos os outros equipamentos na plataforma e resto da baia.

No FEA também foi instalado os seguintes equipamentos, lanças supersônicas fixas de oxigênio, injetores fixos de pó de carvão e injetor fixo de cal, denominado como sistema de injeção KT, esse tipo de injeção é indicado para os fornos que operam com alta flexibilidade de carga.

4.3 Seleção e análise dos subconjuntos do equipamento

Ao citar o Forno Elétrico a Arco (FEA), compreende-se que este equipamento é constituído por diversos subcomponentes. Nesse contexto, os profissionais envolvidos no projeto realizaram uma análise minuciosa dos custos associados a cada um desses componentes, além de identificar as dez principais perdas do equipamento. Esse estudo detalhado foi essencial para determinar os componentes mais críticos e, assim, aplicar a metodologia de forma eficaz.

A Figura 11 apresenta o layout do Forno Elétrico a Arco, e em destaque são os componentes escolhidos para a aplicação dos pilares da Manutenção Produtiva Total, são eles:

KT: Sistema de Injeção KT;

Robô: Robô automático do FEA;

Balança do FEA: Sistema de pesagem e basculamento;

Basculador de gusa: Basculador de gusa líquido.

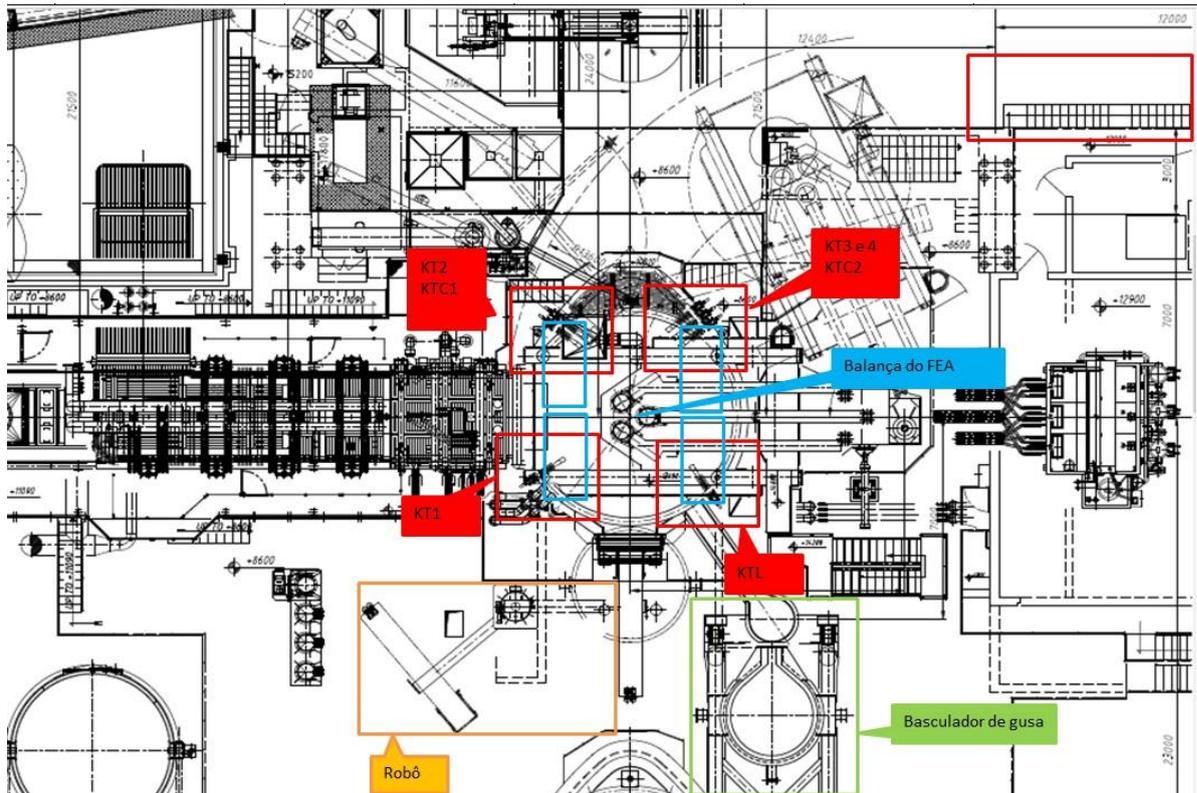


Figura 11- Layout Forno Elétrico a Arco
Fonte: Empresa Pesquisada (2025)

O perfil de perdas realizado para a seleção dos equipamentos sinalizados na Figura 11 pode ser observado na Figura 12.

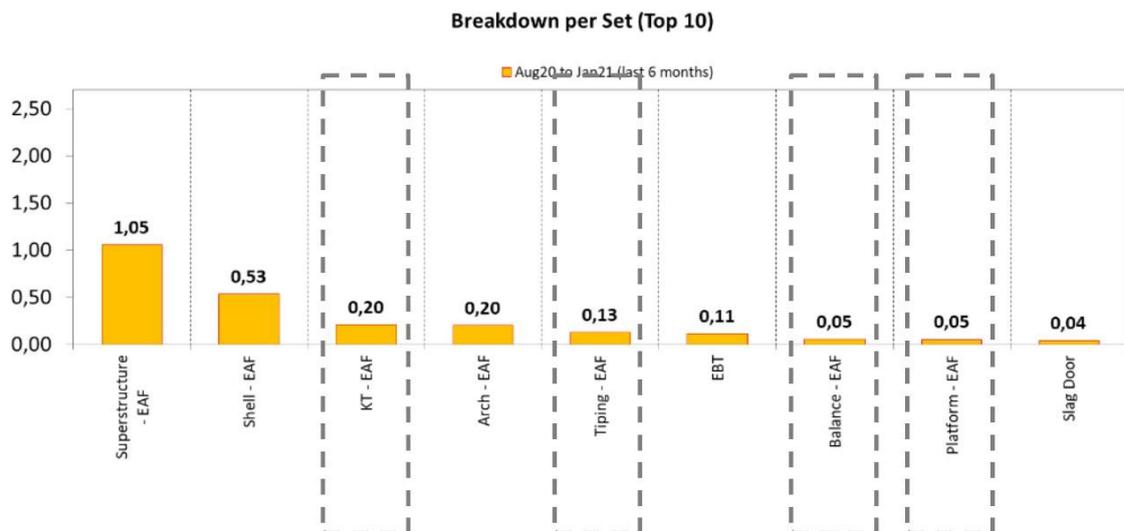


Figura 12- Perdas FEA
Fonte: Empresa Pesquisada (2025)

Na Figura 12 observa-se conjuntos de equipamentos que durante os meses de agosto de 2020 até janeiro de 2021 apresentaram o maior valor de perda, em destaque estão os

componentes pré-definidos como perímetro do TPM, ou outros equipamentos foram utilizados a fim de comparação, mas não foram selecionados como perímetro, dessa forma, não serão discutidos no trabalho. Ou seja, dessa forma, o trabalho consegue mostrar que o projeto está atingindo equipamentos críticos e diminuir a perda causada faz-se essencial.

Posteriormente, a empresa fez uma análise detalhada para verificar a recorrência que essas falhas aconteciam, a fim de entender o motivo da quebra e as consequências gerais disso. A Figura 13 destaca os cinco componentes considerados.

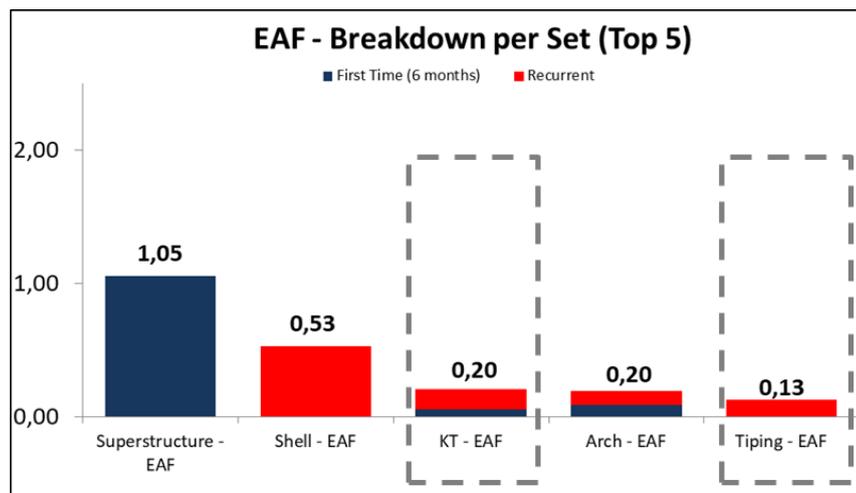


Figura 13- Top 5 perdas FEA
Fonte: Empresa Pesquisada (2025)

Na Figura 13, é possível observar as colunas destacadas, estas se referem aos componentes pré-definidos como perímetro do TPM, então, além de desdobrar os valores do gráfico com maior porcentagem, será dado um foco maior nesses componentes (*KT* e *tipping*). Deve-se destacar que o *breakdown* nesse caso foi medido pelo lingotamento contínuo, portanto a base só representa falhas que o fazem parar.

De acordo com a empresa, de 1,05 referentes à *superstructure* (superestrutura), 0,89% do *breakdown* dos últimos seis meses aconteceu apenas em setembro de 2020, acarretou em 33 horas de parada devido a sujeira. Os outros 0,16% foram falhas por sistema de refrigeração e muitas delas ocorreram por não cumprimento dos padrões operacionais.

Do conjunto *KT*, 0,15% do BD dos últimos 6 meses foram por recorrência de obstrução e rompimentos de mangotes das *KT's*, o restante foi pelo motivo que o FEA operou sem *KTL* o que gerou desfosforação.

Do que diz respeito ao *typing* (movimento de basculamento do forno), o *breakdown* é recorrente e se refere à queima ou ao não funcionamento de células de carga do basculamento do FEA, devido ao acúmulo de escória/cascão.

Além do estudo do tempo de paradas no componente e equipamentos, é realizada uma análise detalhada sobre os custos de manutenção dos equipamentos do FEA, contudo por questão de sigilo os dados não são disponibilizados para esse trabalho, mas deve-se pontuar que a plataforma de trabalho do FEA, basculamento do forno elétrico e sistema de injeção KT (todos pré-definidos como perímetro do TPM), fazem parte do gráfico estruturado e mantinham valores consideravelmente altos, dessa forma, atuar nesses componentes é necessário.

4.4 Aplicação da TPM para o forno elétrico a arco

A metodologia da Manutenção Produtiva Total é extensa e é preciso de uma maturidade bem estabelecida entre os participantes do projeto e da empresa em si para que ela seja bem desenvolvida. Como o projeto estudado é o piloto da área, apenas os três primeiros pilares são aplicados e desenvolvidos.

Anterior ao início, lideranças do projeto definiram os fatores que poderiam acontecer e dificultar a execução do projeto. Define-se os impactos que seriam causados e ações preventivas que poderiam ser tomadas para que o impacto fosse o menor possível. Na Tabela 3, pode-se visualizar os pontos levantados:

Tabela 3- Fatores que podem impactar no projeto

Fatores	Impactos	Ações Preventivas
Falta de flexibilidade da escala 12x12 dificulta treinamentos e intervenções no equipamento.	Baixo índice de cumprimento das metas da Trilha de Aprendizado.	Planejamento antecipado dos treinamentos; Ampliar o número de multiplicadores para treinamentos.
Recurso para tratamento das ações, eliminação de falhas condição básica de funcionamento.	Não conseguir programar todas as ações e, conseqüentemente, alcançar os ganhos esperados.	Direcionamento para as atividades do Projeto TPM.
Turnover operacional do time MA e MP.	Perda de conhecimento adquirido.	Padronização das etapas e ampliação do trabalho de multiplicadores.
Participação do Time TPM MP devido à rotina atual da área.	Impacto negativo no andamento do projeto e nos resultados esperados.	Planejamento das atividades agendadas priorizando o Projeto TPM.
Atrasos em peças de reposição.	Resultados ruins nos indicadores OEE e BD.	N/A.

Fonte: Empresa pesquisada (2025)

A partir dos dados levantados na Tabela 3, é possível levantar os principais problemas e pensar em soluções para que eles não influenciassem e prejudicassem o desenvolvimento do projeto.

O projeto da Manutenção Produtiva Total no FEA segue o escopo conforme mostrado na Tabela 4:

Tabela 4- Atividades TPM

Passos/Pilares	Manutenção Autônoma	Manutenção Profissional
Passo 0	Definição do perímetro; Time TPM; <i>Project Charter</i> com metas;	
Passo 1	Treinamento de degradação forçada; Desdobramento dos KPI/KAI; Grande limpeza e inspeção; Treinamentos cruzados; Implantação LILR (Limpeza e inspeção no P1);	Cadastros de locais e instalação e criticidades; Criticidades dos sobressalentes e estratégia de armazenagem (MRP); Melhoria do registro de notas e ordens; Otimização da lubrificação; Organização da oficina de manutenção;
Passo 2	Otimização das fontes de contaminação; Otimização dos locais de difícil acesso; Grupos de melhorias para redução de perdas;	Mapeamentos das falhas recorrentes; RCA para as falhas prioritárias; Otimização do TTR;
Passo 3	Revisão LILR (Lubrificação e Reapertos); Rotas para LILR; Gestão visual para LILR;	PMO para revisão dos planos de manutenção; Calendário de 52 semanas; ITP para atividades críticas de manutenção;
Todos os passos	Rotinas de avaliação no GEMBA; Auditoria de passos;	

Fonte: Empresa pesquisada (2025)

Em todos os pilares conforme apresentado na Tabela 4, são definidas as atividades estratégicas para a manutenção autônoma e profissional, dessa forma, nos próximos tópicos são apresentadas detalhadamente sobre as atividades, bem como a visão e objetivos estabelecidos para cada pilar do projeto.

4.4.1 Passo 0

Denominado como passo 0 está a definição do perímetro, do time e construção do *Project Charter*. Para que a TPM fosse aplicada no Forno Elétrico a Arco, foi necessário estudo de modo que mostrasse a condição atual do equipamento e os motivos para aplicação da metodologia. Para isso, são levantados dados de *breakdown* desse equipamento além de realizar a seleção dos subconjuntos que fazem parte do escopo, tais estudos são descritos no Capítulo 4.3.

Para que a metodologia fosse aplicada com uma maior fluidez e que a troca de turno não fosse um problema, são selecionados ao todo 32 colaboradores divididos entre os dois turnos. No time são escolhidos *team leaders*, engenheiros, técnicos e operadores da área de manutenção e operação de modo que, o projeto tivesse engajamento de toda equipe e que envolvessem diferentes níveis de gestão.

Por fim, é confeccionado o *Project Charter*, ou seja, o documento que formaliza o início do projeto e define os principais aspectos. O documento serve como um guia para o gerenciamento da iniciativa além de alinhar as expectativas entre os envolvidos, uma vez que nele são estabelecidos o que é esperado do projeto e suas metas.

4.4.2 Passo 1

O primeiro passo para a manutenção autônoma (MA) se refere à limpeza e a inspeção inicial, ou seja, tem como visão desenvolver os conceitos básicos de limpeza e inspeção por parte da produção e a cultura da não aceitação da deterioração forçada dos equipamentos, o que irá permitir a evolução robusta através dos passos seguintes da manutenção autônoma, com consequente desenvolvimento de habilidade e redução das perdas.

Já para a manutenção profissional (MP), o primeiro passo é a eliminação e prevenção da deterioração forçada, então, desenvolver os fundamentos para confiabilidade de equipamentos e componentes e executar atividades para retorno às condições ideais dos equipamentos, com consequente aumento da sinergia entre operação e manutenção.

A manutenção autônoma tem como principais objetivos: iniciar e consolidar as rotinas de uso dos cartões de TPM, retomar o equipamento para a “condição ideal” através de dias intensivos de limpeza e inspeção e execução dos cartões TPM. O time de produção irá iniciar as atividades de limpeza e inspeção básicas no equipamento, assegurar que as ineficiências do equipamento e os objetivos do projeto sejam medidos e analisados, assim como outros indicadores de atividade do programa, iniciar rotinas de monitoramento do programa em diversos níveis, promovendo o “vá e veja” no local de trabalho (*gemba*).

A manutenção profissional tem como os objetivos definidos: apoiar na eliminação das fontes de deterioração juntamente com MA, suportar a padronização da limpeza e inspeção do equipamento, otimizar os apontamentos das falhas, classificar os equipamentos e componentes e otimizar a gestão de sobressalentes críticos, gerenciar dados e documentos de maneira compreensível para os equipamentos, aplicar 5S e gestão visual nas oficinas de reparo, documentos, estoques e sobressalentes, mapear e otimizar a rotina de lubrificação.

A Tabela 5 apresenta as atividades que são desenvolvidas no passo 1 da aplicação da manutenção produtiva total. Pode-se observar também que além das atividades descritas, a tabela possui também os responsáveis para execução das atividades:

Tabela 5- Atividades do passo 1

Atividades	Descrição da atividade	Responsável
1.1	Treinamento kick-off teórico e prático no equipamento piloto (3 horas de forma remota, 8 horas presencial)	Engenharia Manutenção
1.2	Iniciar a etiquetagem contínua com os cartões TPM com o objetivo de retorno para a condição ideal e consolidar o fluxo de controle e execução dos cartões TPM	Team Leaders de Produção e Manutenção
1.3	Iniciar atualização contínua dos indicadores de resultado e de atividade (KPI, KAI), reuniões de pilotagem e uso do quadro TPM na fábrica	EC, Team Leaders de Produção e Manutenção
1.4	Treinar o time TPM em 5S e gestão visual (1h por turno para time completo)	Engenharia Mnt. (ou Área caso já tenha domínio)
1.5	Treinar o time de manutenção em cadastro técnico, gestão de sobressalentes, apontamento de ordens PM01/08 (4 horas somente manutenção)	Engenharia Mnt.
1.6	Criar / Revisar o cadastro técnico/criticidade dos locais de instalação, e revisão da lista de sobressalentes com ABC/MRP/plano de inspeção	EC, Inspectores Mecânica / Elétrica, Eng. Mnt. (valida/altera no SAP)
1.7	Realizar a preparação e execução da grande limpeza e inspeção no equipamento, com identificação das deteriorações através de cartões TPM	Supervisão da produção, Time TPM
1.8	Revisar as rotinas de lubrificação no equipamento	Especialista Eng. Mnt., lubrificadores
1.9	Iniciar as rotinas de verificação da eficácia do projeto no GEMBA	Team Leaders de Produção e Manutenção / Gerentes de Produção e Manutenção
1.10	Treinar a manutenção na operação básica do equipamento (1,5h por turno)	Team Leader de Produção
1.11	Treinar o time de produção no conceitual de manutenção básica do equipamento (1,5h por turno)	Team Leader de Manutenção
1.12	Organizar a oficina de manutenção com foco nas ferramentas, peças, consumíveis, documentação, fluxo de materiais e ordens	Técnicos, Team Leader Manutenção
1.13	Criar ou revisar e treinar o time TPM no check-list e na ITP (Instrução de trabalho padronizada) de limpeza e inspeção técnica ON THE JOB - MÍNIMO 2 horas	Team Leader da Produção, inspetores Manutenção (suportam)
1.14	Certificação no Passo 1	Nível 1: Líder e instrutor MA ou MP Nível 2: Líder e Sponsor projeto e Engenharia Mnt.

Fonte: Empresa pesquisada (2025)

A Tabela 5 apresenta todas as atividades que são realizadas durante o passo 1, além de determinar os responsáveis por cada uma. Dessa forma, ao decorrer do texto são explicados detalhadamente cada um dos itens numerados e as ações que foram realizadas durante o projeto.

- **1.1 Treinamento kick-off teórico e prático no equipamento piloto**

O item tem como objetivo treinar, por meio de teoria e atividade práticas em um *overview* do programa TPM, os participantes. Estes são o time TPM, conforme a matriz de treinamento do programa, o superintendente da área piloto e da Engenharia de Manutenção e o time de liderança do projeto no alinhamento do *guideline*.

- **1.2 Iniciar a etiquetagem contínua com os cartões TPM**

O item tem como objetivo assegurar que as deteriorações no equipamento (falta de condição básica), incluindo também algumas fontes de contaminação e áreas de difícil acesso estejam devidamente mapeadas. Os cartões TPM são abertos com foco nas deteriorações.

Durante o *kick-off*, o time praticou a abertura de cartões em sala, assim como iniciou o uso no equipamento para reais problemas, então cabe as lideranças da produção e manutenção engajar diariamente o time TPM no uso dos cartões, a fim de obter um mapeamento bem completo das deteriorações no equipamento. O fluxo dos cartões segue a seguinte lógica, de acordo com a Figura 14:

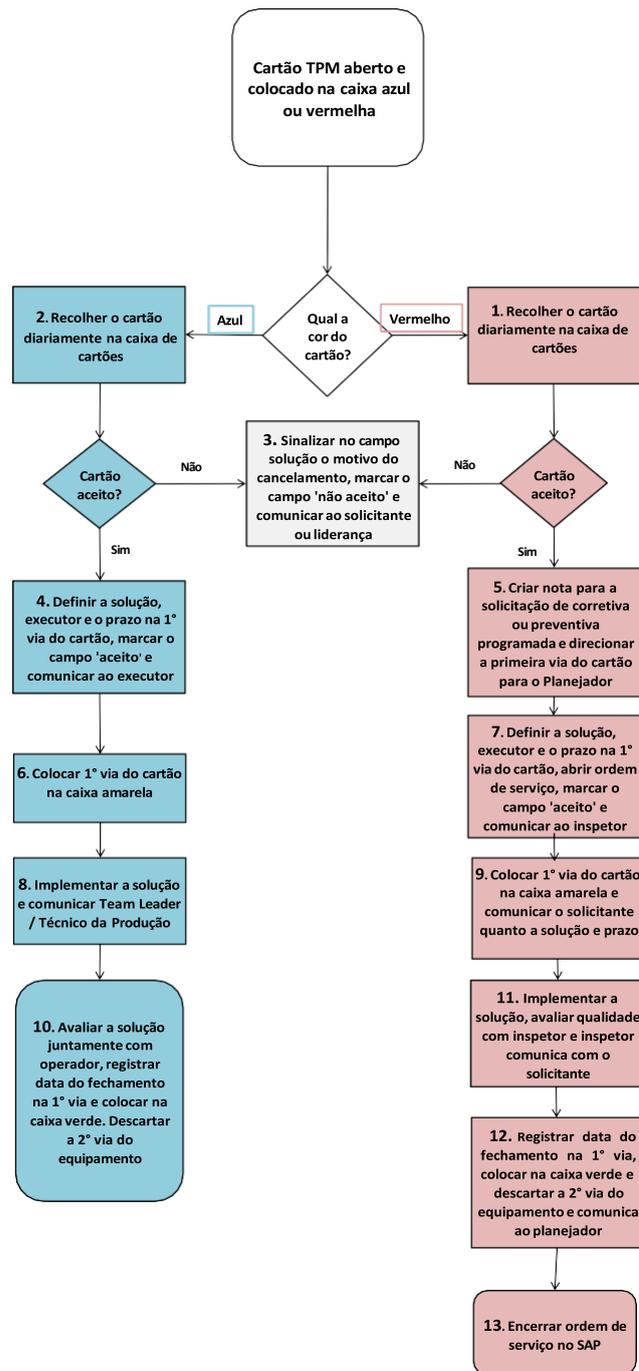


Figura 14- Fluxo cartão TPM
Fonte: Empresa Pesquisada (2024)

Entende-se então que os cartões vermelhos são responsabilidade da equipe de manutenção, já os cartões azuis são responsabilidade da produção (Figura 15). Além das cores do cartão, para uma melhor gestão visual, na área produtiva tem-se a caixa para sinalizar a etapa que esses cartões estão como o exemplo abaixo:

Figura 15- Exemplo de cartões TPM
Fonte: Empresa pesquisada (2025)

Cada área desse suporte é destinada para algum tipo de cartão, então os transparentes são os blocos a serem preenchidos de cartões azuis e vermelhos, o azul, para cartões azuis recém-abertos, o vermelho, cartões vermelhos recém-abertos, os amarelos, cartões em andamento (solução, prazo e executor foram definidos) e verdes os cartões concluídos, ou seja, executados e aprovados), conforme apresentado na Figura 16:



Figura 16- Estrutura de cartões TPM
Fonte: Empresa pesquisada (2025)

Esse mural tem como objetivo facilitar o trabalho e deixa-lo visualmente mais fácil, a fim de conseguir controlar a quantidade de cartões abertos, em execução e finalizados. Para que os cartões abertos e alocados na Figura 16 sejam eficazes, é necessário assegurar que as responsabilidades no processo de uso dos cartões estejam bem definidas, dessa forma, semanalmente nas reuniões de rotina são apresentados gráficos de quantos cartões, quais cartões (vermelhos ou azuis) foram abertos, e quantos já foram finalizados, significando que as ações estão sendo realizadas.

Além do fluxo dos cartões, é criada uma matriz de responsabilidade no próximo Excel e colocados os responsáveis, e as atividades principais, dessa forma são marcados com um “X”, as atividades destinadas a cada um dos membros, facilitando também que as ações não fiquem ‘soltas’ e sem um responsável para supervisioná-las.

A Figura 17 mostra o exemplo citado acima do gráfico que é construído semanalmente a fim de realizar a gestão dos cartões abertos e fechados permitindo uma análise visual do desempenho do processo. Quando a linha que representa os cartões abertos se distancia excessivamente da linha dos cartões fechados, isso indica um acúmulo de ações pendentes, o que pode comprometer a efetividade do sistema. Ou seja, os problemas detectados não estão sendo solucionados no ritmo adequado, o que pode levar ao aumento de falhas operacionais.

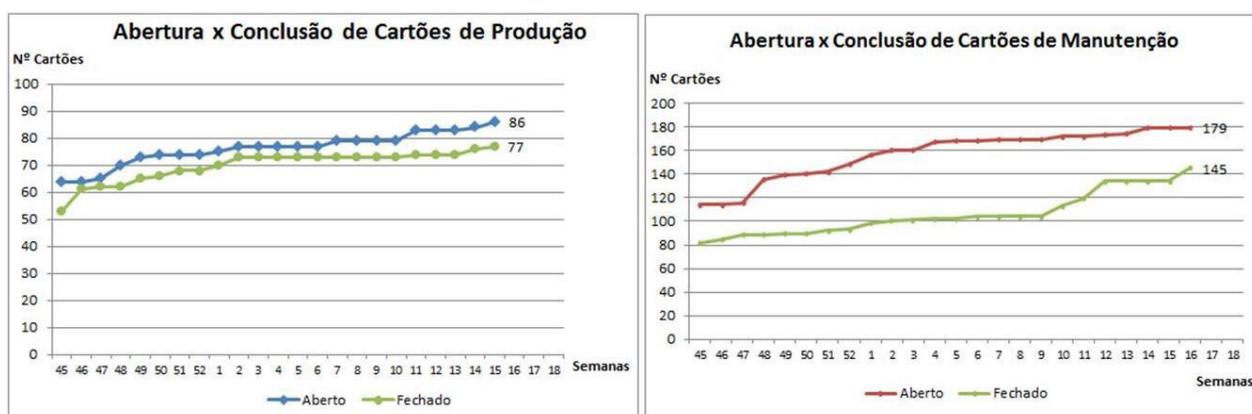


Figura 17- Gráfico de abertura dos cartões
Fonte: Empresa pesquisada

- **1.3 Iniciar atualização contínua dos indicadores de resultado e de atividade (KPI, KAI), reuniões de pilotagem e uso do quadro TPM na fábrica**

O item 1.3 da tabela de ações diz respeito à atualização contínua dos indicadores, então é necessário que os indicadores chaves e de atividades guiem a eficácia do programa. Dessa forma é montada uma matriz com os indicadores e de responsável pelo controle dos mesmos, a fim de assegurar que eles estarão sendo atualizados corretamente, com isso semanalmente é organizada uma reunião rápida para repasse dos indicadores, a fim colocar a equipe que participa do projeto a par da situação. Como esse tópico diz respeito a atividades e controles internos, as fotos para exemplificar não foram disponibilizadas.

- **1.4 Treinar o time TPM em 5S e gestão visual**

Para execução da atividade além do treinamento da metodologia do TPM é necessário o do 5s também. O time selecionado então, irá entender sobre os cinco pilares do programa, e

de uma maneira prática aplicá-los durante o treinamento. Ponto de atenção é sobre os turnos, é necessário que o treinamento aconteça em todos eles a fim de garantir que todos participem.

- **1.5 Treinar o time de manutenção em cadastro técnico, gestão de sobressalentes, apontamento de ordens PM01/08**

Este tópico respeito ao treinamento sobre a estruturação do cadastro técnico e classificação de locais de instalação, então necessário proporcionar à equipe de manutenção a compreensão da estrutura do cadastro técnico dos ativos (locais de instalação, materiais, criticidade) e a relação com a integridade mecânica do equipamento, relacionando-os à localização física geográfica e papel funcional dentro das áreas de produção, apoio e administrativas.

Nesse treinamento a manutenção foi capacitada no correto registro de falhas no sistema SAP, criação de rotas de manutenção corretiva e preventivas e as respectivas ordens, além de como realizar o retorno das atividades, apropriação de mão de obra e o encerramento técnico da ordem. O time também foi capacitado na identificação e análise de criticidade das peças críticas e nos requisitos básicos da qualidade assegurada de materiais de reparo e operação.

- **1.6 Criação / Revisão do cadastro técnico/criticidade dos locais de instalação, e revisão da lista de sobressalentes**

Para esse item foi necessário revisar cadastro técnico e lista técnica de componentes do piloto, então foi preciso fazer essa verificação no sistema SAP conforme a documentação técnica, desenhos e manuais e também avaliar a criticidade dos locais de instalação conforme o documento de gestão do cadastro técnico. Além disso, foi necessário a definição da lista de componentes críticos do equipamento piloto e consolidar a gestão desses componentes, a fim de assegurar uma gestão sobressalente para reduzir o TTR do equipamento.

A inspeção deve ocorrer da seguinte forma:

- Modelo de Avaliação / inspeção qualitativa
- Frequência semestral ou conforme demanda, a identificação do material é feita de forma individual;
- Durante a inspeção são verificados os itens:
 - Condição do material estocado;

- Condição de armazenamento (Pede-se local coberto e localiza-se ao tempo);
- Confrontada a descrição do código do material (ex. Talha Elétrica) e a peça estocada (Motor - constatar se não houve recuperação de motor com o código de Talha ou contaminação do estoque com peças erradas);
- Obsolescência do material;
- Validar ou reprovar o tempo de permanência;
- Apresentar o material em reunião com a liderança / supervisão, identificando possíveis erros com cadastro técnico, validar a disponibilização para venda ou sucata ou a implantação do item em equipamento através de melhoria.
- **1.7 Realizar a preparação e execução da grande limpeza e inspeção no equipamento, com identificação das deteriorações através de cartões TPM**

Nesse item foi realizado a grande limpeza e inspeção no equipamento e tem como objetivo engajar o time TPM para trabalhar em equipe na redução da quantidade de sujeira no equipamento, buscando comprometimento para manter a limpeza em um alto padrão, nesse momento, também foi necessário inspecionar e sinalizar com cartões TPM problemas de deterioração, ou seja, falta de condição básica, também sinalizar fontes de contaminação e áreas de difícil acesso, como suporte ao objetivo de retorno a condição ideal.

O time basicamente aplicou a metodologia do Kaizen – Ver e Agir, exemplo: ao passar pelos equipamentos, encontram um dos geradores muito sujo em um estado crítico, dessa forma, os operadores farão a limpeza desse gerador, melhorando o aspecto visual e facilitando também a identificação de anomalias no equipamento. Nessa metodologia, também é muito importante sinalizar com fotos de antes e depois, a fim do estado final ser o objetivo diário de manter aquele componente.

- **1.8 Revisão das rotinas de lubrificação no equipamento**

A próxima atividade diz respeito a mapear o gerenciamento da rotina de lubrificação do equipamento proporcionando um suporte para a manutenção autônoma, então a equipe acompanhou a rotina de lubrificação do equipamento piloto e as oportunidades de melhoria, visando facilitar a rotina da lubrificação e a transferência da atividade para produção no passo 3.

Para facilitar a gestão, foi criada uma planilha no Excel que contém o ponto de identificação da área, a descrição da atividade, o tipo de lubrificação, a especificação da

lubrificação, o local de armazenamento, periodicidade, responsável, entre outras características para melhor identidade da região e junto disso, um plano de ação, com a data, ação, responsável, para que toda vez que a atividade fosse realizada o responsável colocasse a data e atualizasse o status de andamento para concluído.

- **1.9 Iniciar as rotinas de verificação da eficácia do projeto no GEMBA**

Esse item se refere sobre iniciar as rotinas de verificação da eficácia do projeto no *gemba*, os responsáveis em realizar essa tarefa são os *team leaders* de produção e manutenção, e os gerentes de produção e manutenção. Então, eles iniciaram uma rotina de avaliação periódica das atividades do programa, aproximando os diversos níveis do *gemba*, ou seja, área produtiva, e assegurando que essas avaliações direcionariam a evolução do projeto no prazo e na qualidade adequada, conectando na “rotina” e tornando sustentáveis as atividades chaves, e norteando para que a auditoria de certificação não tenha problemas.

Para facilitar essa gestão, são criadas tabelas de frequências para avaliação do programa, dessa forma, as atividades ficam mais organizadas, pois são determinados realmente o que fazer, quando fazer e o que ser fazer, a

Tabela 6 mostra o exemplo:

Tabela 6- Tabela de frequência para avaliação

Nível responsável	Frequência	Comentários
1- Team Leader de manutenção*	Quinzenal	Tempo estimado: 30 minutos
2- Gerente de manutenção*	Mensal	Tempo estimado: 45 a 60 minutos Com acompanhamento inicial do Especialista TPM da planta;

Fonte: Empresa pesquisada (2025)

- **1.10 Treinar a manutenção na operação básica do equipamento**

O item 1.10 é sobre o treinamento do time de manutenção na operação básica do equipamento, ou seja, torná-la consciente dos pontos críticos de operação do mesmo para que eles tomem os devidos cuidados durante a manutenção de rotina.

• **1.11 Treinar o time de produção no conceitual de manutenção básica do equipamento**

Este item respeito ao treinamento do tipo de produção no conceitual de manutenção básica do equipamento, então torná-los conscientes dos pontos críticos de manutenção dos equipamentos para que eles tomem os devidos cuidados durante a rotina de operação.

• **1.12 Organização da oficina de manutenção**

O tópico se refere a organizar a oficina de manutenção aplicando a metodologia do 5S, então, teve como objetivo uma melhoria da manutenção ao aplicar o 5s na área da oficina e eliminar as perdas de tempo na busca de recursos para as atividades de manutenção, e em paralelo foi aplicada a metodologia do Kaizen – Ver e Agir, a fim de que o bom exemplo se torne o padrão naquela área.

• **1.13 Criar ou revisar e treinar o time TPM no check-list e na ITP**

Nesse item, o time de TPM foi criado e treinado no *check-list* e na instrução de trabalho padronizada (ITP) para as atividades básicas de limpeza e inspeção a serem transferidas no passo 1, a fim de manter os ganhos obtidos nos *workshops* de grande limpeza, criando a cultura de não aceitação da deterioração forçada e conseqüentemente evitar paradas não planejadas.

Então para que esse ponto funcionasse, a equipe de produção liderou essa atividade, com a ajuda da manutenção, a qual tem grande experiência com os pontos críticos dos equipamentos e falhas recorrentes, além de da experiência nos critérios da matriz de transferência entre manutenção profissional e manutenção autônoma. Exemplo da matriz de transferência das atividades na Figura 18:

		Transferência de atividades MP - MA										
Grupo de atividades	<small> Considerar os pontos críticos que determinam o momento de falhas - mapa de falhas / mapa de equipamento com detetores de falhas / especificação da mesa / especificação do equipamento </small>	CRITÉRIOS PARA SUPORTE NA TOMADA DE DECISÃO (VER ABA "TABELAS")							DECISÃO AUTOMÁTICA	DECISÃO FINAL DA LIDERANÇA	<small> Pontos a serem reforçados na padronização do novo treinamento </small>	<small> Para informação: sensores Tipologia de manutenção </small>
		Local da atividade	Assurance- Identidade?	Assurance- Escopo conhecido	Assurance- Transferência clara	Assurance- ELO associado	Entrenamento usuário	Habilidades usuário				
Limpezas (Orientações da célula "tar" e a entrada para dados da coluna B)	Limpeza semanal dos sensores de acionamento da mesa de entrada	BD1	ELE N	ESC N	ALT N	EPI ES N	FER1	SK1	Execução pela Operação	Execução pela operação	Outro no padrão para não desativar o sensor	TSM
									INLD			
									INLD			
									INLD			
									INLD			
Inspeções (Orientações da célula "tar" e a entrada para dados da coluna B)	Inspeção dimensional da folga axial dos motores da mesa de entrada	BD1	ELE N	ESC N	ALT N	EPI ES N	FER2	SK3	Atividade de manutenção	Execução pela operação	Prover equipamento para medir a folga. Capacitar os operadores no uso do equipamento.	
									INLD			
									INLD			
									INLD			
									INLD			

Inspeção dimensional da folga axial dos motores da mesa de entrada	EQ1	ELE N	ESC N	ALT N	EPI ES N	FER2	SK3	Atividade de manutenção	Execução pela operação
--	-----	-------	-------	-------	----------	------	-----	-------------------------	------------------------

Figura 18- Matriz de transferência de atividade MP/MA

Fonte: Empresa pesquisada (2025)

Na Figura 18, tem-se a descrição da atividade, e critérios relacionados à segurança, ou seja, se aquela atividade envolve eletricidade, trabalho em altura, pois todos esses pontos são levados em consideração para a transferência de atividades. Como pode-se ver no exemplo de ‘Inspeção dimensional da folga axial dos motores da mesa de entrada’, anteriormente era uma atividade direcionada a produção e por não ter grandes riscos, será transferida para a produção.

Junto disso, para melhor realização das atividades que são transferidas para a produção, existe um ITP onde o mesmo mostra com explicação e fotos, o passo a passo de o que e como deve ser feito para a conservação e melhor desempenho do equipamento, para isso existe um padrão de ícones a serem usados no checklist, como mostrado na Figura 19.

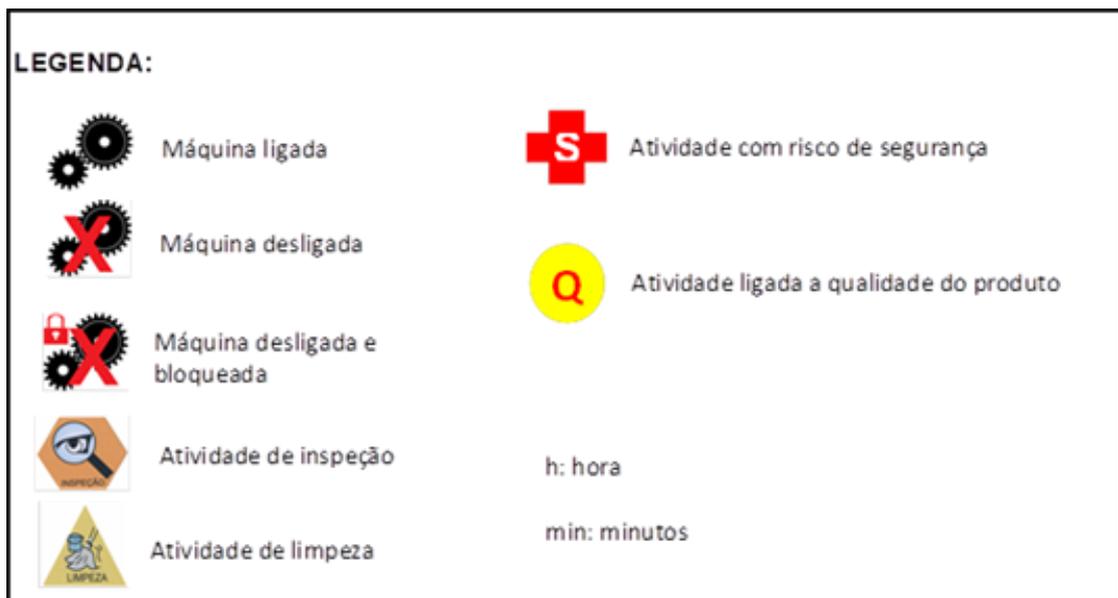


Figura 19- Ícones usados no checklist

Fonte: Empresa pesquisada (2025)

Na Figura 19 são apresentados os ícones que são utilizados nos checklist de ITP, a fim de direcionar se é uma atividade de limpeza, de inspeção, de ambos, se a máquina vai precisar estar ligada ou então desligada. Nesse caso, são pontos simples, mas muito importantes, pois para um time que não está habituado a realizar esse tipo de atividade, essas instruções facilitam e melhoram a gestão visual.

- **1.14 Certificação no Passo 1**

E no último item do Passo 1 tem-se a certificação, então foi necessário certificar que o time TPM apenas iniciasse o passo 2 da Manutenção Profissional com as principais entregas da etapa 1 realizadas em um nível de qualidade adequado. Então a gestão do time realizou essa auditoria através um formulário que foi disponibilizado, contendo os principais tópicos que foi preciso ter atenção, além disso, foram acompanhados os KPIs presentes no totem.

4.4.3 Passo 2

No segundo passo, a manutenção autônoma tem como objetivo garantir que a rotina de utilização de cartões TPM esteja profundamente consolidada, otimização das fontes de contaminação e áreas de difícil acesso de forma a otimizar a conservação do equipamento e desenvolver times multidisciplinares de melhoria contínua para reduzir perdas do fator disponibilidade do OEE.

Já a manutenção profissional, tem como identificar as perdas decorrentes das falhas de manutenção, analisar suas causas e executar ações de bloqueio para evitar recorrências e/ou reduzir o impacto gerado, reduzindo a deterioração forçada do equipamento e o desperdício dos recursos, com conseqüente aumento da sinergia entre operação e manutenção.

A Tabela 7, apresenta as atividades que foram desenvolvidas no passo 2 da aplicação da manutenção produtiva total. Pode-se observar também que além das atividades descritas, a tabela possui também os responsáveis para execução das atividades:

Tabela 7- Cronograma passo 2

PASSO 2 MA - Contramedidas para eliminar fontes de contaminação e áreas de difícil acesso Passo 2 MP - Análise de falhas		
2.1	Treinamento kick-off teórico e prático no equipamento piloto e reconhecimento do passo 1	Engenharia Mnt.
2.2	Mapeamento e otimização das fontes de contaminação e áreas de difícil acesso	Team Leaders de Produção e Manutenção
2.3	Análise da indisponibilidade do equipamento (OEE) através do perfil de perdas de manutenção e paretos de paradas, com decisão de quais perdas reduzir.	EC, Team Leaders de Produção e Manutenção
2.4	Reavaliar os gatilhos e assegurar a gestão dos indicadores e execução das análises de falhas de rotina no perímetro do piloto	EC
2.5	Treinar em RCA as pessoas chaves da produção e manutenção	Engenharia Mnt.
2.6	Iniciar as rotinas de verificação no GEMBA referente as atividades do Passo 2	Team Leaders de Produção e Manutenção/ Gerentes de Produção e Manutenção
2.7	Aplicar RCA nos principais motivos de falhas priorizados no item 2.3, englobando ações para redução de tempo de reparo	EC
2.8	Aplicar GMCi nos principais motivos de indisponibilidade (paradas de não OEE) priorizados no item 2.3	Team Leader produção
2.9	Analisar e otimizar os maiores tempos de reparos (TTR)	Analisar e otimizar os maiores tempos de reparos (TTR)
2.10	Certificação no Passo 2	Nível 1: Líder e instrutor MA ou MP Nível 2: Líder e Sponsor projeto e Engenharia Mnt.

Fonte: Empresa pesquisada (2025)

A Tabela 7 apresenta o cronograma das atividades que foram desenvolvidas no passo 2 da Manutenção Produtiva Total e os respectivos responsáveis. Ao longo dos próximos parágrafos os itens serão descritos de modo a explicar cada ação que foi tomada durante a aplicação do projeto.

• 2.1 Treinamento kick-off teórico e prático

O treinamento *kick-off* teórico e prático no equipamento piloto teve como objetivo treinar por meio da teoria e prática sobre as atividades que foram desenvolvidas no passo 2 da manutenção autônoma e profissional, reciclar conhecimentos gerais do programa e também reconhecer a certificação do passo 1.

• **2.2 Mapeamento e otimização das fontes de contaminação e áreas de difícil acesso**

O item diz respeito sobre o mapeamento e otimização das fontes de contaminação e áreas de difícil acesso, então ao final dessa atividade foi preciso garantir que as áreas foram identificadas e detalhadas. Um exemplo do que pode ser feito é como mostra a Figura 20:

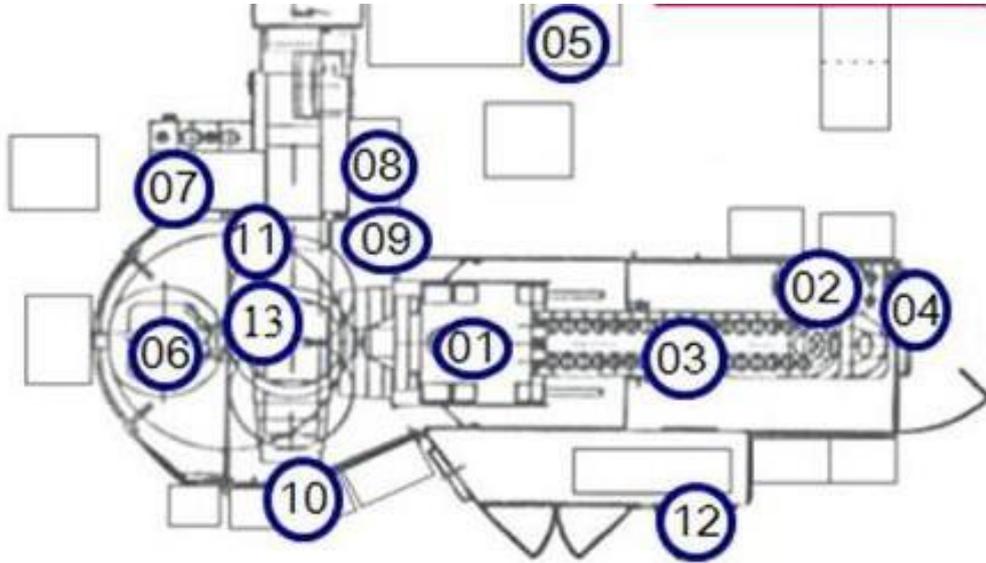


Figura 20- Mapeamento visual das fontes de contaminação
 Fonte: Empresa Pesquisada (2025)

A Figura 20 mostra a planta do projeto piloto e os pontos que possuem fontes de contaminação, junto disso, foram tiradas fotos para melhor visualização dos operadores e para melhorar a percepção dos envolvidos no projeto. Da mesma forma que esse mapeamento foi feito em nível de planta, o mesmo se aplicou aos equipamentos também, mostrando locais de difícil acesso e ou com fontes de contaminação. Feito o mapeamento, foram montadas planilhas para melhor detalhamento, a Tabela 8 mostra o exemplo:

Tabela 8- Mapeamento fontes de contaminação

Item	Descrição	Local	Origem	Velocidade que acumula	Impacto no processo	Contenção existente?
1	Limalha	Junto a caçamba de limalha	Resíduo do processo de usinagem de rosca	Caçamba enche e precisa esvaziar 2 vezes por turno mas os resíduos no entorno da caçamba exigem uma varrição por turno	Possíveis danos em equipamentos no entorno e perda de tempo na varrição, risco de segurança	Caçamba é uma contenção, mas é insuficiente

Fonte: Empresa pesquisada (2025)

A Tabela 8 descreve sobre qual a fonte de contaminação, o local em que ele se encontra, qual a sua origem, a velocidade com que se acumula, além do impacto que pode ocorrer no processo e se já existe algum tipo de contenção para o processo.

- **2.3 Análise da indisponibilidade do equipamento (OEE)**

Nessa atividade foram analisadas as indisponibilidades do equipamento (OEE) através do perfil de perdas de manutenção e Paretos de paradas, com decisão de quais perdas reduzir. Foi preciso assegurar que fosse feita uma análise adequada e estratificações de perdas de disponibilidade no equipamento, para o direcionamento a abertura correta de grupos de melhoria.

- **2.4 Reavaliar os gatilhos e assegurar a gestão dos indicadores**

Esse item teve como objetivo reavaliar os gatilhos e assegurar a gestão dos indicadores e execução das análises de falhas de rotina no perímetro do piloto. Então foi realizado o levantamento do percentual de falhas analisadas no perímetro nos últimos meses, reavaliando os gatilhos para a abertura dessas análises de falhas, considerando o perfil de perdas elaborado e a criticidade do equipamento piloto na linha de produção e cenário atual.

- **2.5 Treinar em RCA as pessoas chaves da produção e manutenção**

O tópico 2.5 teve como objetivo a educação e treinamento proporcionando à equipe de manutenção e produção a compreensão dos conceitos básicos de análise de falhas, conhecido também como RCA (*Root Cause Analysis*) e da metodologia para as principais etapas do processo.

- **2.6 Iniciar rotinas de verificação no *gemba***

O tópico diz respeito sobre o início das rotinas de verificação no *gemba* referente às atividades do passo 2, então foi iniciada uma rotina de avaliação periódica das atividades do programa, aproximando os diversos níveis da fábrica, além de assegurar que essas avaliações seriam direcionadas para a evolução do projeto no prazo e na qualidade adequada, conectando na “rotina” e tornando sustentáveis as atividades chaves, e norteando para que a auditoria de certificação não tenha problemas.

- **2.7 Aplicar RCA nos principais motivos de falhas priorizados no item 2.3**

O tópico 2.7 se refere a confiabilidade de equipamentos e componentes, então foram analisadas as causas das falhas de manutenção priorizadas no perfil de perdas e ações foram executadas para evitar recorrências e/ou reduzir o impacto gerado no equipamento piloto, além disso, foram englobadas ações para redução de tempo de reparo dessas falhas.

- **2.8 Aplicar GMCi nos principais motivos de indisponibilidade**

No item 2.8 tem-se a formação de grupos de melhoria contínua nos principais motivos de indisponibilidade (paradas de não OEE) priorizados no item 2.3. Os grupos utilizaram a ferramenta de qualidade do DMAICs, para nortear o estudo e trazer melhores resultados. A Figura 21, mostra como é a linha do tempo dessa análise:



Figura 21- Linha do tempo GMC
Fonte: Empresa pesquisada (2025)

- **2.9 Analisar e otimizar os maiores tempos de reparos**

O tópico teve como objetivo melhorias de manutenção, então nessa atividade foram analisadas as causas do longo tempo para reparo das falhas de manutenção priorizadas no perfil de perdas e foram propostas ações para redução desse tempo, melhorando a manutenibilidade e/ou a eficiência da manutenção corretiva, criando ITP's para atividades com tempo já definido.

- **2.10 Certificação no Passo 2**

A última atividade definida para o passo 2, foi a certificação das atividades desenvolvidas, de modo a certificar que o time TPM apenas iniciasse o passo 3 com as principais entregas da etapa 2 realizadas em um nível de qualidade adequado. Para isso, o auditor utilizou um *checklist* para confirmar as ações necessárias para o passo em questão, além de acompanhar a gestão de indicadores no totem presente na área.

4.4.4 Passo 3

No terceiro passo, a manutenção autônoma tem como objetivo desenvolver rotinas de lubrificação, reaperto e otimização da limpeza e inspeção, consolidando o LILR pela equipe de produção para atividades que evitarão a deterioração forçada e falhas.

Já a manutenção profissional tem como objetivo desenvolver melhorias dos planos de manutenção englobando a padronização das atividades críticas e desenvolvimento do calendário de preventiva anual, com conseqüente redução das perdas.

A Tabela 9 apresenta as atividades que serão desenvolvidas no passo 3 da aplicação da manutenção produtiva total. Pode-se observar também que além das atividades descritas, a tabela possui também os responsáveis para execução das atividades:

Tabela 9- Cronograma passo 3

Descrição da atividade	Responsável	Entregáveis
3.1 - Treinamento kick-off teórico e prático no equipamento piloto e reconhecimento do passo 2	Engenharia Mnt.	Lista de presença, fotos e alinhamento do guideline;
3.2 - Metodologia de Padronização do Trabalho via ITP	Engenharia Mnt.	Lista de presença
3.3 - Treinar o time TPM em conhecimentos gerais de lubrificação e reaperto	Engenharia Mnt.	Lista de presença
3.4 - Treinar as pessoas chaves da manutenção em PMO (Otimização da Manutenção Preventiva) e gestão de planos de manutenção no SAP/PM	Engenharia Mnt.	Lista de presença
3.5 - Aplicar PMO nos planos de manutenção, elaborar calendário 52 semanas de execução da PM e instruções detalhadas para atividades críticas	EC, Inspetores Mecânica / Elétrica, Eng. Mnt. (valida/altera no SAP)	Planos de manutenção revisados / criados Planejamento dos ITPs a serem criados
3.6 - Iniciar as rotinas de verificação no GEMBA referente as atividades do Passo 3	Team Leaders de Produção e Manutenção / Gerentes de Produção e Manutenção	Verificações de rotina sendo realizadas de forma contínua e desvios sendo tratados
3.7 - Treinamento do time nos planos revisados, calendário e instruções criadas; Treinamento Gestão dos Planos de Manutenção	Engenharia de Confiabilidade / inspetores Manutenção (suportam) Engenharia de Manutenção	Calendário de manut. 52 semanas e gestão dos indicadores Lista de presença, calendário 52 semanas na área e em uso
3.8 - Revisão das rotinas de limpeza e inspeção técnica no check-list e ITP de LILR do passo 1, com a inclusão de itens de lubrificação e reaperto, otimização de rotas de execução e gestão visual no equipamento.	Team Leader da Produção, inspetores Manutenção (suportam)	Rotas para atividades de LILR, gestão visual para LILR e em geral no equipamento Checklist e ITP de LILR revisados
3.9 - Treinar o time TPM no check-list/ITP de LILR	Team Leader da Produção, inspetores Manutenção (suportam)	Lista de presença, checklist e ITP de LILR em uso no equipamento
3.10 -Certificação no Passo 3	Nível 1: Líder e instrutor MA ou MP Nível 2: Líder e Sponsor projeto e Engenharia Mnt.	Equipamento certificado no passo 3 com reais condições de iniciar o passo 4

Fonte: Empresa pesquisada (2025)

A Tabela 9, apresenta todas as atividades que foram realizadas durante o passo 3, ela também determina os responsáveis por cada uma. Dessa forma, ao decorrer do texto serão explicados detalhadamente cada um dos itens numerados e as ações que foram realizadas durante o projeto.

• 3.1 Treinamento kick-off teórico e prático

O primeiro item (3.1) do terceiro passo diz respeito sobre o treinamento *kick-off* teórico e prático no equipamento piloto e reconhecimento do passo 2. Nesse passo foi verificado as atividades do passo 2 e o auditor reconheceu o bom trabalho e dessa forma foi possível que a equipe começasse o próximo passo.

- **3.2 Metodologia e Padronização**

A segunda atividade foi a aplicação da metodologia de padronização do trabalho via ITP, então foi proporcionado ao time de TPM o conhecimento da metodologia (instrução de trabalho padronizado) e capacitação no seu processo de criação.

- **3.3 Treinamento do time em conhecimentos gerais (lubrificação e reaperto)**

O terceiro item foi sobre o treinamento em conhecimento gerais de lubrificação e reaperto (LILR), dessa forma foi possível trazer mais conhecimento para as equipes de produção e manutenção em lubrificação e reaperto, de forma a ajudar na decisão de itens a transferir para MA e na própria execução por parte da produção.

- **3.4 Treinar as pessoas chaves de manutenção em PMO**

O item 3.4 foi sobre a otimização dos planos de manutenção utilizando a metodologia PMO (Otimização da Manutenção Preventiva), com o objetivo de:

- Eliminar as tarefas existentes que não agregam valor e devem ser eliminadas;
- Manter as tarefas existentes que agregam valor e devem ser mantidas;
- Combinar, alterar frequência, simplificar o método, transferir para produção (MA) as tarefas existentes que agregam valor, mas podem ser otimizadas.
- Adicionar as tarefas que não existem nos planos e que devem ser incluídas em função de falhas já ocorridas;
- Gerenciar os riscos de modos de falhas que não serão cobertos por planos, no que tange peças sobressalentes, ferramental, instrução para reparo e recursos humanos qualificados.

- **3.5 Aplicar PMO nos planos de manutenção**

O item 3.5 é sobre a aplicação do PMO nos planos de manutenção, foi elaborado o calendário de 52 semanas de execução da PM e instruções detalhadas para atividades críticas. Para isso, foi preciso distribuir o escopo previsto de manutenção preventiva ao longo das 52 semanas do ano, de forma a balancear a indisponibilidade operacional para as intervenções preventivas, assim como a alocação de homem hora e custo a cada semana/mês.

Além de tornar mais visual e acessível a todos o status da execução das preventivas nos itens críticos, através do uso do calendário de forma visual ao equipamento, integrando e

responsabilizando a produção pelo uso deste, permitindo também análises rápidas no *gemba* da correlação entre as frequências de falhas e a frequência das atividades MP.

- **3.6 Iniciar as rotinas de verificação no gemba**

O início das rotinas de verificação no *gemba* são referentes as atividades do passo 3, então essa rotina aproximou os diversos níveis da fábrica, assegurando o direcionamento da evolução do projeto no prazo e na qualidade adequada e conectando na “rotina” e tornando sustentáveis as atividades chaves, e norteando para que a auditoria de certificação não tenha problemas.

- **3.7 Treinamento do time nos planos revisados**

O 3.7 foi sobre o treinamento do time nos planos revisados, calendário e instruções criadas, ou seja, o time de manutenção foi capacitado em como criar e gerir planos de manutenção no SAP, além dos novos planos de manutenção.

- **3.8 Revisão das rotinas de limpeza e inspeção**

A oitava atividade foi a revisão das rotinas de limpeza e inspeção técnica no *check-list* e ITP de LILR do passo 1, com a inclusão de itens de lubrificação e reaperto, otimização de rotas de execução e gestão visual no equipamento. O principal objetivo desse tópico foi definir rotas otimizadas para execução do LILR, de tornar a rotina de conservação por parte da produção mais fácil, rápida e com qualidade.

Outro ponto foi desenvolver a gestão visual para cada atividade de LILR e no equipamento como um todo, além da atualização no *check-list* e ITP as rotinas de limpeza e inspeção iniciadas no passo 1, assim como inserir as novas rotinas de lubrificação e reaperto, de forma a padronizar a conservação básica de LILR que a produção iria executar. A Figura 22, apresenta o que foi descrito na prática:

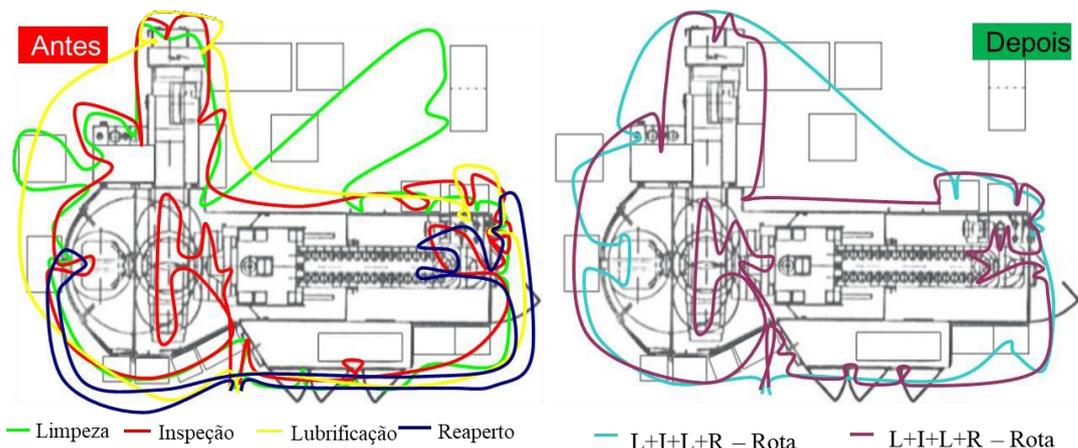


Figura 22- Otimização das rotas
Fonte: Empresa pesquisada (2025)

Então, pode-se observar na Figura 22, o antes e depois das rotas no equipamento, observa-se que no primeiro temos as rotas de limpeza, inspeção, lubrificação e reaperto separadas e na próxima imagem, é possível observar a rota de uma maneira mais otimizada.

- **3.9 Capacitação do time nos checklists**

A próxima atividade (3.9) foi a capacitação do time TPM nos *check-lists*/ITPs de LILR que foram atualizados nesse passo. E a última atividade foi a certificação no passo 3, ou seja, a certificação que o time TPM apenas inicie o passo 4 com as principais entregas do passo 3 realizadas em um nível de qualidade adequado. Dessa forma, como nos outros passos, os indicadores foram acompanhados e a auditoria foi realizada por meio de um *checklist*.

Dessa forma, a partir dos passos contemplados nas tabelas, foi possível aplicar a TPM para o equipamento forno elétrico a arco de uma empresa siderúrgica, desde o mapeamento dos componentes, passando pelo treinamento da metodologia e até a aplicação da mesma.

5 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

5.1 Conclusão

O trabalho busca responder a seguinte problemática: Como aplicar a TPM para o equipamento forno elétrico a arco de uma empresa siderúrgica? Para responder essa pergunta, estuda-se o processo da manutenção produtiva total, bem como aplicar essa metodologia no forno elétrico a arco da aciaria de uma empresa siderúrgica visando garantir o cumprimento das atividades por meio dos colaboradores.

Observa-se uma maior conscientização da equipe em relação à importância da prevenção de falhas, além da identificação precoce de possíveis problemas que poderiam comprometer a eficiência do forno. A comparação entre os dados coletados durante a aplicação da TPM e a base teórica reforça a importância desse método para redução de paradas não programadas e melhoria na segurança operacional.

Entretanto, alguns desafios são identificados durante o processo, como a necessidade constante de treinamento contínuo da equipe e o tempo demandado para a implementação eficaz das práticas da TPM, visto que foi uma metodologia nova que estava sendo implantada e foi preciso reforçar sobre a cultura da empresa para com os colaboradores, de modo que eles se sentissem parte pertencente do projeto.

Por fim, esse estudo reforça a relevância da TPM como estratégia para otimização da manutenção industrial, destacando seus benefícios na confiabilidade e longevidade dos equipamentos. Posteriormente a este estudo, outros projetos foram aplicados na área e na empresa pelo fato dos bons resultados que foram apresentadas as demais áreas.

5.2 Recomendações

A partir do estudo realizado, recomendam-se os seguintes trabalhos futuros:

- Análise do Custo dos cenários antes e depois da aplicação da TPM, com o propósito de verificar os impactos nos resultados financeiros da empresa;
- Estudo da Manutenção Centrada na Confiabilidade para o equipamento forno elétrico a arco;

- Estudo dos indicadores de Manutenção para o equipamento forno elétrico a arco após a aplicação do TPM.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- XENOS, Harilaus G. **Gerenciamento e Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte. EDG. 1998.
- MCCARTHY, Dennis; RICH, Dr. Nick. **Lean TPM**. Amsterdam. ELSEVIER. 2004.
- RIZZO, Ernandes Marcos da Silveira. **Introdução aos Processos Siderúrgicos**. São Paulo. ABM. 2005.
- GREGÓRIO, Gabriela Fonseca Parreira; SANTOS, Danielle Freitas; PRATA, Aurélio Barros. **Engenharia de manutenção**. Santana. Sagah Educação. 2018.
- DE RESENDE, A. A.; DIAS, L. P. **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM): CONSIDERAÇÕES SOBRE CASOS DE SUCESSO**. Disponível em: <https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2014_TN_STO_195_105_24987.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2023.
- KARDEC, Alan; NASCIF, Júlio. **Manutenção Função Estratégica**. Rio de Janeiro. QualityMark. 2012.
- COSTA, Eduardo Livi. **Manutenção Produtiva Total no Setor de Fundição de Alta Pressão em uma Fábrica de Louças Sanitárias – Estudo de Caso**. João Pessoa. 2018.
- CUNHA, João; KLIPPEL Altair, VALER, Cristiano. **TPM – TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE**. PRODUTTARE. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- LOZADA, Gisele; NUNES, Karina da Silva. **Metodologia Científica**. Porto Alegre: SAGAH, 2018.
- TAKASHINA, Newton TADASHI, Flores, Mario Cesar X. **Indicadores da Qualidade e do Desempenho: Como Estabelecer Metas e Medir Resultados**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.

GUIMARÃES, Michele Carolina dos Santos. **Estudo da viabilidade técnica de reciclagem de escória de refino secundário e utilização em forno elétrico a arco**. 2022. 43 f. Monografia (Bacharelado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Graduação em Engenharia Metalúrgica, Ouro Preto, 2022. Disponível em: https://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/4615/13/MONOGRAFIA_EstudoViabilidadeT%C3%A9cnica.pdf. Acesso em: 05 de Janeiro 2025.

COSTA E SILVA, André Luiz V.; MEI, Paulo Roberto. *Aços e Ligas Especiais*. 4. ed. rev. São Paulo: Blucher, 2021. 576 p. ISBN 978-65-5506-160-4.

MELLO, Luís Gustavo de Oliveira Amaral; MEMOLI, Francesco; RONDINI, Nicola; FERRARA, Ferdinando; FREITAS, Jorge Villares de. **Start up of the VSB meltshop: the first Consteel®-EAF in Brazil**. In: **ABM – INTERNATIONAL CONGRESS**, 2012, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: ABM, 2012.

