



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

JEFFERSON MATTHEUS ALBUQUERQUE COUTINHO

**IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA NO PROCESSO DE  
TREFILAÇÃO DE ARAMES EM UMA USINA SIDERÚRGICA**

Recife  
2023

JEFFERSON MATTHEUS ALBUQUERQUE COUTINHO

**IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA NO PROCESSO DE  
TREFILAÇÃO DE ARAMES EM UMA USINA SIDERÚRGICA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
submetido ao Departamento de  
Engenharia Mecânica da Universidade  
Federal de Pernambuco como requisito  
parcial para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador (a): Prof. Dr. Paternak de Souza Barros

Recife

2023

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

Coutinho, Jefferson Mattheus Albuquerque.

Implementação da manutenção autônoma no processo de refinação de  
arames em uma usina siderúrgica / Jefferson  
Mattheus Albuquerque Coutinho. - Recife, 2023.

39 : il.

Orientador(a): Paternak de Souza Barros

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

1. Manutenção produtiva total. 2. Manutenção Autônoma. 3.  
Disponibilidade. 4. Interrupção. I. Barros, Paternak de Souza. (Orientação).  
II. Título.

620 CDD (22.ed.)



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



## **ATA DE SESSÃO DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO - TCC2**

Ao 27º dia do mês de abril do ano de dois mil e vinte e três, às 20:00 horas, de forma virtual, através da plataforma google meet, reuniu-se a banca examinadora para a sessão pública de defesa do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Pernambuco **IMPLEMENTAÇÃO DA MANUTENÇÃO AUTÔNOMA NO PROCESSO DE TREFILAÇÃO DE ARAMES EM UMA USINA SIDERÚRGICA**, elaborado pelo aluno **Jefferson Mattheus Albuquerque Coutinho**, matrícula 100.012.604/80, composta pelos avaliadores Prof. **Paternak de Souza Barros** (orientador), Profa. **Marcele Elisa Fontana** (Avaliadora) e Prof. **Marcus Costa de Araújo** (avaliador). Após a exposição oral do trabalho, o candidato foi arguido pelos componentes da banca que em seguida reuniram-se e deliberaram pela sua Aprovação, atribuindo-lhe a média 8 (oito), julgando-o apto à conclusão do curso de Engenharia Mecânica. Para constar, redigi a presente ata aprovada por os presentes, que vai assinada pelos membros da banca.

Orientador:	Paternak de Souza Barros	Nota
Assinatura:	_____	
Avaliadora:	Marcele Elisa Fontana	Nota
Assinatura:	_____	
Avaliador:	Marcus Costa de Araújo	Nota
Assinatura:	_____	

Recife 27 de abril de 2023.

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

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pela minha saúde e da minha família e por ter me dado forças para chegar até aqui;

À minha esposa, Mayara, sou muito grato por todo incentivo durante minha trajetória acadêmica, por ter sido meu porto seguro durante muitos momentos de dificuldade e por vibrar comigo em todas as conquistas alcançadas;

Aos meus pais, Luciana e Jackson, muito obrigado por terem se doado tanto durante toda a minha vida. Sempre me incentivando a estudar, crescer e nunca desistir diante de todas as adversidades. Vocês me inspiram muito;

Ao meu irmão, Gabriel, a quem busco ser exemplo, me fazendo melhorar dia após dia, muito obrigado;

À Toby, meu amigão, obrigado por ter me acompanhado durante todas as madrugadas e ter me mostrado uma forma de amor tão pura e incondicional;

Aos meus Avós, Neide, Fátima e Ebrivaldo, por não medirem esforços para que eu tivesse a melhor educação e que nada me faltasse, muito obrigado;

Aos meus tios, Henrique, Leonor, Wagner e Júlio, por estarem presentes mesmo à distância, compartilhando momentos de dificuldades e alegrias, muito obrigado;

Aos meus professores da UFPE, obrigado por compartilharem aprendizados e conhecimento, me fazendo um profissional melhor;

Ao Prof. Dr. Paternak de Souza Barros, pela disponibilidade de orientação e por contribuir com a execução desse estudo;

Aos meus colegas de UFPE, que compartilharam comigo tantos momentos de estudo, aflições e descontração, muito obrigado;

Aos colegas de trabalho, em especial o Jamerson, Milena, Leonardo e Tamires, por acreditarem no meu potencial e me fazerem evoluir dia após dia como profissional e como pessoa, muito obrigado.

## RESUMO

Ao realizar o planejamento estratégico do ano de 2022, observou-se um aumento de demanda do mercado de arames trefilados, fazendo com que fosse desenvolvido trabalhos para que a eficiência dos equipamentos fosse maximizada. A partir da análise dos indicadores observou-se a possibilidade de realizar um trabalho de voltado para aumento de disponibilidade dos maquinários do setor de trefilação de arames aplicando a metodologia da Manutenção Produtiva Total, utilizando como base a ferramenta do 5s e o pilar da manutenção autônoma, em seus quatro primeiros passos. Sendo assim, esse estudo apresenta a implementação dos quatro passos iniciais da manutenção autônoma em uma usina siderúrgica, no setor de trefilação de arames e objetivou avaliar o impacto da implementação desses passos na disponibilidade dos equipamentos e no tempo de interrupção operacional e de manutenção das máquinas. Onde, primeiramente foi necessário apresentar a todos os envolvidos a importância de utilizar a metodologia e quanto o desempenho dos equipamentos iriam evoluir. A partir disso, aplicou-se a ferramenta do 5s em toda a área, possibilitando a criação de padrões de referência. Através da padronização do 5s, deu-se início ao primeiro passo da manutenção autônoma, a limpeza inicial, tornando possível a identificação de problemas que estavam escondidos no meio das sujidades do processo, permitindo a identificação das fontes geradoras de sujeiras e locais em que o acesso não era ideal, com o objetivo melhorar a condição dos equipamentos e criou-se padrões de limpeza, lubrificação e inspeção para os maquinários, além de uma inspeção geral do equipamento, que consiste no check de componentes em que a operação deve observar no início de cada turno com o objetivo de prevenir anomalias durante a jornada de trabalho. A implementação resultou em um aumento significativo na disponibilidade dos equipamentos e em uma diminuição considerável do tempo de interrupção das máquinas. A padronização das atividades de manutenção permitiu uma melhor gestão do tempo e recursos disponíveis, contribuindo para a otimização do processo produtivo da usina.

**Palavras-chave:** Manutenção produtiva total. Manutenção Autônoma. Disponibilidade. Interrupção.

## ABSTRACT

When carrying out the strategic planning for the year 2022, there was an increase in demand from the market for drawn wires, leading to the development of works to maximize the efficiency of the equipment. From the analysis of the indicators, it was possible to carry out work aimed at increasing the availability of machinery in the wire drawing sector, applying the methodology of Total Productive Maintenance, using the 5s tool as a basis and the pillar of autonomous maintenance , in its first four steps. Therefore, this study presents the implementation of the first four steps of autonomous maintenance in a steel mill, in the wire drawing sector, and aimed to evaluate the impact of implementing these steps on the availability of equipment and on the operational and maintenance interruption time of the machines. . Where, firstly, it was necessary to present to all those involved the importance of using the methodology and how much the performance of the equipment would evolve. From this, the 5s tool was applied throughout the area, enabling the creation of reference standards. Through the standardization of 5s, the first step of autonomous maintenance was started, the initial cleaning, making it possible to identify problems that were hidden in the middle of the dirtiness of the process, allowing the identification of the sources generating dirt and places where the access was not ideal, with the aim of improving the condition of the equipment and cleaning, lubrication and inspection standards were created for the machinery, in addition to a general inspection of the equipment, which consists of checking the components that the operation must observe in the beginning of each shift in order to prevent anomalies during the working day. The implementation resulted in a significant increase in equipment availability and a considerable decrease in machine downtime. The standardization of maintenance activities allowed for better management of time and available resources, contributing to the optimization of the plant's production process.

**Keywords:** Total Productive Maintenance. Autonomous Maintenance. Availability. Interruption.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Seis grandes perdas de um processo produtivo .....	14
Figura 2 - Os 8 Pilares do TPM .....	15
Figura 3 - 5 sentidos.....	17
Figura 4 - Os sete passos da manutenção autônoma.....	20
Figura 5 – Fluxograma do Arame Trefilado .....	22
Figura 6 – Estoque de Fio Máquina .....	22
Figura 7 - Dia D .....	24
Figura 8 - Cartões de Manutenção Autônoma.....	25
Figura 9 - Itens de Verificação.....	27
Figura 10 - Padrões de Referência .....	29
Figura 11 - Pontos de Lubrificação da MTR38.....	32
Figura 12 - Tempo de máquina parada atrelada as causas .....	33
Figura 13 – Tempo de máquina parada atrelada as causas .....	34
Figura 14 - Evolução de Disponibilidade dos Equipamentos.....	35
Figura 15 - Evolução de Disponibilidade da Trefila e Retrefila .....	35



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	10
1.1	OBJETIVOS.....	11
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
2.1	MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.....	13
2.1.1	<b>Os oito pilares do TPM</b> .....	15
2.1.2	<b>5s</b> .....	16
2.1.3	<b>Manutenção Autônoma</b> .....	18
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	21
3.1	AMBIENTE DO ESTUDO .....	21
3.2	DESCRIÇÃO DE COLETA DE DADOS.....	23
3.3	PADRÃO DE REFERÊNCIA DE 5S .....	23
3.4	PASSO 1: LIMPEZA INICIAL.....	24
3.5	PASSO 2: FONTES DE SUJEIRA E LOCAIS DE DIFÍCIL ACESSO .....	25
3.6	PASSO 3: PADRONIZAR LIMPEZA, INSPEÇÃO E LUBRIFICAÇÃO .....	26
3.7	PASSO 4: PLANO DE INSPEÇÃO GERAL DAS MÁQUINAS .....	26
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	28
4.1	PADRONIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS.....	28
4.2	INDICADORES DE INTERRUPÇÃO E DISPONIBILIDADE.....	32
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	37
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	38

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, para se manter em um mercado competitivo, as indústrias devem desenvolver habilidades em seus colaboradores, que são diretamente relacionadas a melhoria contínua do processo. Com o passar dos anos, a manutenção vem se tornando cada vez mais importante na rotina das empresas, agindo de maneira corretiva e preventiva e com o objetivo de aumentar a disponibilidade dos equipamentos para utilização no processo (DUARTE & PIZZOLATO, 2016).

A principal função da manutenção industrial é permitir que os ativos de uma empresa estejam disponíveis para operação o maior período possível (KARDEC & NASCIF, 2013). Sendo assim, é de suma importância a evolução constante de métodos que envolvem o gerenciamento e planejamento da manutenção com o objetivo de torná-la mais eficaz, garantindo a prevenção contra quebras e interrupções inesperadas (REIS, BARCELOS, & MACHADO, 2010).

Nesse sentido, a *Total Productive Maintenance*, Manutenção Produtiva Total, (TPM), é um método de gestão que identifica as perdas existentes no processo, maximizando a utilização das máquinas, envolvendo toda cadeia operativa a fim de que se gere um senso de propriedade sobre os equipamentos, o processo e o produto (SILVEIRA, 2023).

Segundo o modelo de Yamaguchi (2005), a TPM se organiza em oito pilares que se interligam: melhorias individuais, manutenção autônoma, manutenção planejada, educação e treinamento, controle inicial do equipamento, manutenção da qualidade, TPM na administração e segurança e meio ambiente.

Assim, a manutenção autônoma é uma das estratégias que podem ser adotadas para aprimorar a manutenção dos equipamentos, envolvendo os operadores na realização de atividades de inspeção e manutenção e pode ser aplicada em diferentes ambientes produtivos, trazendo resultados (BONIFÁCIO & GERMANO MARTINS, 2021).

Dentre os ambientes de aplicação, a TPM e a manutenção autônoma podem ter seus princípios aplicados dentro do processo de trefilação que é caracterizado pela redução de área do fio máquina, através de esforços de tração e compressão, tendo como principal objetivo a obtenção de diâmetros menores com precisão dimensional, controle de propriedades mecânicas e acabamento superficial para

diversas aplicações: arame recozido, pregos, arames para amarração, entre outros (FERNANDES, 2018).

Tomando como base os conceitos apresentados e visando melhores práticas de manutenção dos equipamentos e o aumento da disponibilidade dos maquinários para a operação de arames trefilados, será realizada a implementação dos quatro passos iniciais da manutenção autônoma no setor de trefilação de arames de uma usina siderúrgica, situada na cidade de Recife, Pernambuco, tomando como base os princípios do 5s e da TPM, focando em conscientizar a operação e a manutenção, da importância da utilização dessa ferramenta para um melhor funcionamento dos equipamentos disponíveis.

## 1.1 OBJETIVOS

O presente estudo, por meio da implementação da manutenção autônoma no setor de trefilação de arame tem como objetivo o aumento da disponibilidade do equipamento para operação, conseqüentemente, a promoção da participação dos funcionários na manutenção dos equipamentos e o estabelecimento de uma cultura de melhoria contínua.

Para atingir esses objetivos, é necessário definir objetivos específicos tais como:

- a. Identificar as principais causas de falhas nos equipamentos;
- b. Capacitar os operadores para realizarem a identificação de anomalias e apoiarem na preventiva dos equipamentos;
- c. Definir referências de 5s;
- d. Definir procedimentos padrão para a realização da manutenção autônoma dos equipamentos;
- e. Definir itens de verificação para que a operação cheque a funcionalidade de componentes críticos no processo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O termo manutenção teve sua origem no vocábulo militar, cujo entendimento era manter nas unidades o efetivo e os materiais utilizados em combate em constante estado de aceitação (DUARTE & PIZZOLATO, 2016).

No final do século XIX iniciou-se processo de mecanização nas indústrias que se observou a necessidade da realização de reparos nos equipamentos (DIETER, 1981). Entretanto, a manutenção era vista como um processo que possuía um custo elevado e sem benefícios, com o passar dos anos ocorreu uma mudança e a manutenção começou a ser vista como necessária ao processo produtivo (MORAES, 2004).

Desde o final da segunda revolução industrial, as indústrias buscam a utilização e aplicabilidade de novos conceitos e técnicas voltadas para a manutenção de equipamentos (DIETER, 1981). A grande mudança no pensamento da alta gerência é de fundamental importância na evolução do conceito de manutenção, fazendo com que a utilização de ferramentas sirva como base na tomada de decisões, na realização de monitoramentos mais avançados em projetos mais focados na confiabilidade dos equipamentos (KARDEC & NASCIF, 2013).

Portanto, a manutenção deve se manter em uma evolução constante, não apenas se restringindo a corrigir e evitar problemas e sim a uma busca constante pela melhoria contínua de um processo (VIANA, 2008).

Segundo (SLACK & CHAMBERS, 2009), quando a manutenção é executada de maneira eficiente vários benefícios são obtidos e o foco da produção é cuidar de suas instalações de forma sistemática. Como exemplo desses benefícios:

- a. Aumento da confiabilidade: corresponde à diminuição do tempo gasto com o conserto dos equipamentos e do número de interrupções da produção e como consequência o aumento na confiabilidade do serviço;
- b. Diminuição dos custos de operação: com a realização de manutenções regulares o maquinário tende a ter um funcionamento mais eficaz, solicitando um menor número de trocas de componentes fora do período estipulado pelo fabricante, representando uma diminuição dos custos na troca de componentes;
- c. Aumento da vida útil do equipamento: a realização constante de ações de limpeza e lubrificação provocam um aumento da vida útil dos equipamentos,

fazendo com que pequenos problemas sejam resolvidos antes que tragam efeitos a longo prazo;

## 2.1 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL

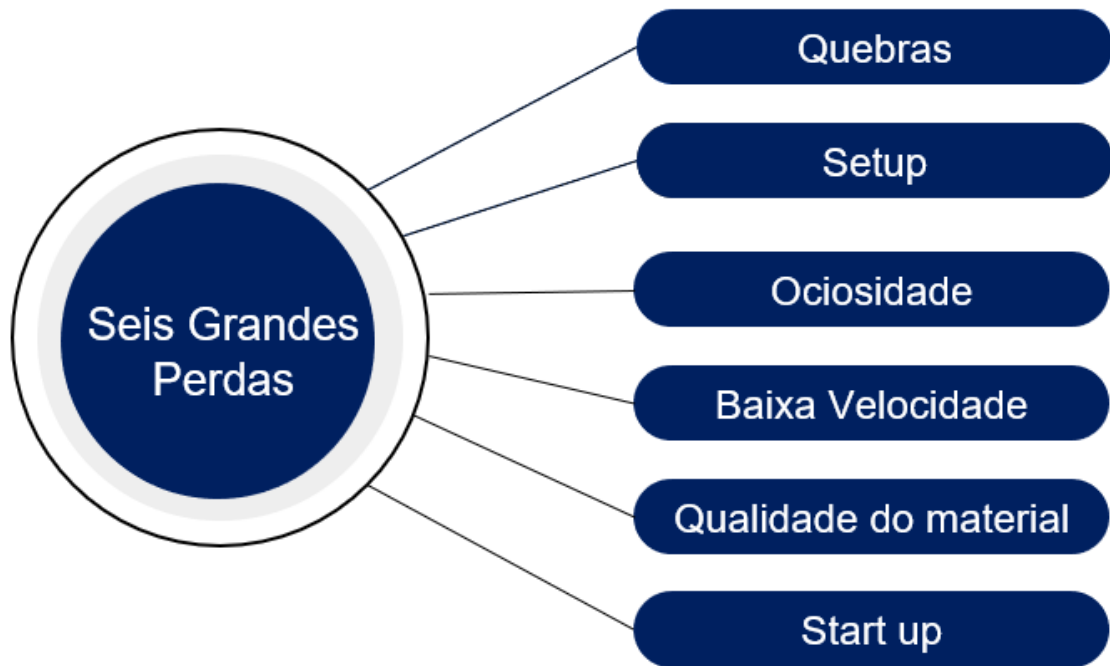
A Manutenção Produtiva Total (TPM) surgiu no Japão na década de 1970, como uma resposta à necessidade das indústrias japonesas de melhorar sua competitividade no mercado global (RIBEIRO, 2014). A TPM é uma abordagem holística de gestão de manutenção que envolve todos os funcionários da empresa, desde a alta gerência até os operadores de máquinas, na busca contínua pela melhoria da eficiência e eficácia dos processos produtivos (NAKAJIMA, 1988).

De acordo com Silveira (2023), a Manutenção Produtiva Total (TPM) é um modelo de gestão que busca a identificação e a redução de perdas existentes no processo, fazendo com que seja maximizada a disponibilidade dos equipamentos e seguindo três princípios: eliminar perdas envolvidas no processo de produção, maximizar a utilização do ativo industrial e garantir a geração de produtos de alta qualidade a custos competitivos. Tal método, exige que toda cadeia operativa esteja bem alinhada com as etapas, a fim de que se gere um senso de propriedade sobre os equipamentos, o processo e o produto. Além disso, houve uma expansão dos conceitos da manutenção ao introduzir o envolvimento de toda a empresa para evitar as falhas causadas pelos desgastes dos equipamentos (RIBEIRO, 2014).

Através do gerenciamento da manutenção, uma empresa tende a apresentar um aumento em sua rentabilidade. Sendo assim, implementando o modelo de gestão da TPM, busca-se diminuir o número de perdas presentes no processo (YAMAGUCHI, 2005).

A aplicação da TPM visa alcançar a máxima eficiência dos equipamentos por meio da eliminação das seis principais perdas que podem ocorrer em um processo produtivo. Essas perdas, conhecidas como as "Seis Grandes Perdas" (*Six Big Losses*), foram inicialmente identificadas por (NAKAJIMA, 1988) e, desde então, têm sido amplamente estudadas e aplicadas em diversas indústrias.

Figura 1: Seis grandes perdas de um processo produtivo



Fonte: O Autor (2023)

A primeira perda está atrelada a paradas planejadas e não planejadas que são as perdas decorrentes de paradas de máquinas por manutenção preventiva, troca de ferramentas, ajustes e reparos não programados (NAKAJIMA, 1988).

De acordo com Andrade e Scherer (2009), existem perdas por preparação e ajustes de máquina que são diretamente relacionados com o tempo despendido para a realização de ajustes, regulagem, preparação dos equipamentos, ajuste de dispositivos e preparação de materiais.

Aragão (2007) relaciona as perdas decorrentes de pequenas interrupções ou quedas de desempenho e as perdas por produção de peças defeituosas, refugos ou retrabalhos, como grandes geradoras de impacto dentro de um processo.

A subutilização do potencial humano também é uma perda significativa dentro do processo produtivo e decorre da não utilização plena das habilidades e conhecimentos dos operadores, falta de motivação, treinamento e engajamento (NAKAJIMA, 1988).

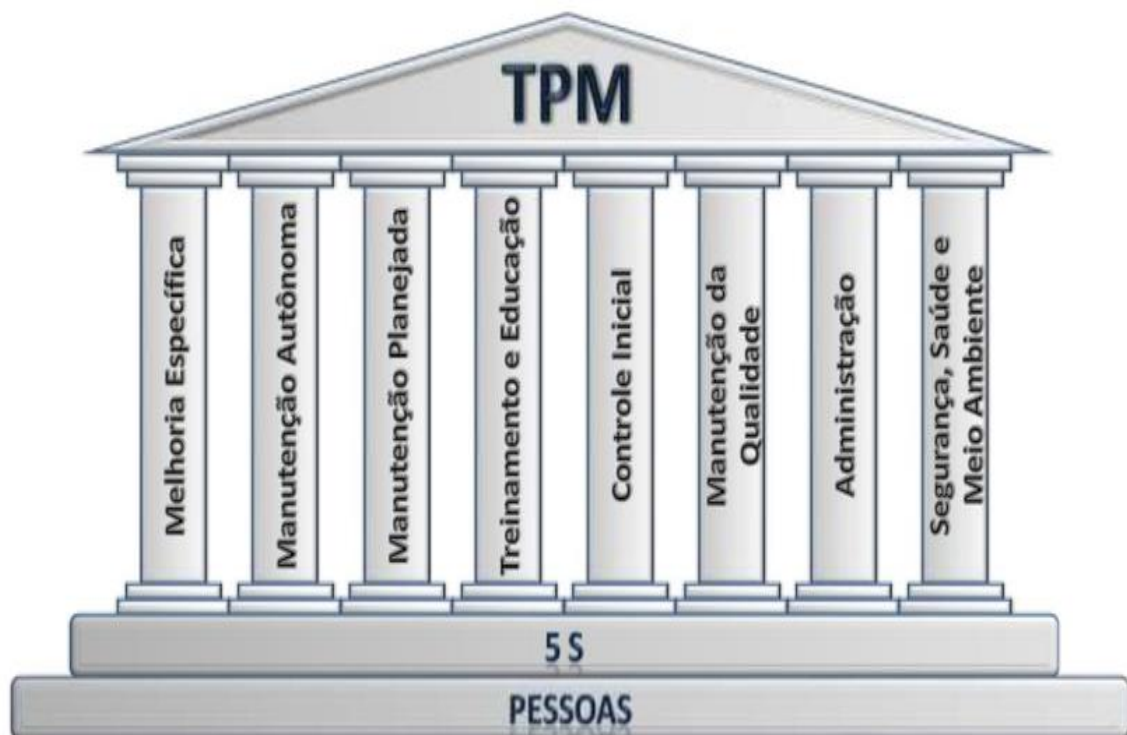
Por fim, segundo Xenos (2008), a última grande perda são as decorrentes do tempo e material desperdiçados durante o início do processo, incluindo a realização de testes e ajustes de produção.

A redução dessas perdas é fundamental para aumentar a eficiência e a produtividade do processo produtivo, resultando em melhorias nos custos e na qualidade do produto (YAMAGUCHI, 2005). Nesse sentido, o TPM é uma importante ferramenta para a gestão da manutenção, visando à otimização dos processos produtivos e à minimização das perdas (BONIFÁCIO & GERMANO MARTINS, 2021).

### 2.1.1 Os oito pilares do TPM

O TPM é composto por oito pilares fundamentais que devem ser implementados em uma organização para alcançar a excelência na gestão dos ativos. Esses pilares foram desenvolvidos por (NAKAJIMA, 1988) e representam as principais áreas de ação para alcançar a efetividade do programa.

Figura 2 - Os 8 Pilares do TPM



Fonte: Silveira, (2023)

**Melhoria Específica:** A fim de manter a competitividade da empresa no mercado a metodologia da TPM incentiva a empresa a buscar constantemente maneiras de melhorar seus processos e operações para aumentar a eficiência, reduzir custos e aumentar a qualidade dos produtos (DUARTE & PIZZOLATO, 2016).

**Manutenção Autônoma:** A manutenção autônoma é a base da TPM e é fundamental para a implementação bem-sucedida do programa. Ela envolve a transferência de responsabilidade pela manutenção básica dos equipamentos aos operadores de máquinas e outros funcionários da linha de frente (YAMAGUCHI, 2005).

**Manutenção Planejada:** A manutenção planejada envolve o planejamento de manutenção preventiva e corretiva para minimizar o tempo de inatividade e maximizar a eficiência dos equipamentos (SILVEIRA, 2023).

**Treinamento e educação:** São fundamentais para garantir que os funcionários entendam e participem da metodologia evoluindo em habilidades técnicas, resolução de problemas, comunicação, trabalho em equipe e liderança (XENOS, 2008).

**Controle Inicial:** é uma das etapas mais importantes da TPM pois um tempo de preparação mais curto permite que a produção seja mais flexível e eficiente, significando que a empresa pode atender às demandas do mercado mais rapidamente (ARAGÃO, 2007).

**Manutenção da Qualidade:** Nakajima (1988) diz que a manutenção da qualidade é o primeiro passo em direção à excelência em TPM porque é essencial que a empresa desenvolva e mantenha um sistema de garantia de qualidade que minimize os defeitos dos produtos e otimize a satisfação do cliente.

**Administração:** A administração da qualidade do gerenciamento é um pilar importante da TPM, pois engloba a aplicação dos princípios da metodologia aos processos administrativos e gerenciais da empresa (NAKAJIMA, 1988).

**Gerenciamento da segurança, meio ambiente e saúde:** É um pilar fundamental da TPM, pois a segurança e a saúde dos funcionários e o impacto ambiental da produção são preocupações críticas para a empresa e para a comunidade em geral (SILVEIRA, 2023).

### 2.1.2 5s

O 5S é uma metodologia de gestão originária do Japão, que surgiu logo após a Segunda Guerra Mundial. Segundo Ohno (1988), um dos idealizadores do Sistema Toyota de Produção, a metodologia 5S foi inspirada no sistema de limpeza utilizado nos templos budistas japoneses.



A metodologia 5S foi amplamente difundida no Japão a partir da década de 1960 e rapidamente se espalhou pelo mundo, tornando-se uma importante ferramenta para a gestão de qualidade em diversas empresas. Atualmente, a metodologia 5S é considerada uma das bases da Manutenção Produtiva Total e uma das principais ferramentas para a promoção da cultura da qualidade nas empresas (RIBEIRO, 2014).

A metodologia é composta por cinco princípios que são os sentidos: *Seiri* (Senso de Utilização), *Seiton* (Senso de Ordenação), *Seiso* (Senso de Limpeza), *Seiketsu* (Senso de Padronização) e *Shitsuke* (Senso de Disciplina). A aplicação desses princípios permite a organização do ambiente de trabalho, a eliminação de desperdícios, a redução de tempos de setup, a melhoria da segurança e a manutenção da qualidade do produto.

Figura 3: 5 sentidos



Fonte: Cavallari, (2023)

A adoção do 5S é uma forma de conscientizar os colaboradores sobre a importância da disciplina e da organização no ambiente de trabalho, o que é fundamental para o sucesso da implementação dos pilares da TPM (MAYER, 2018).

### 2.1.3 Manutenção Autônoma

A manutenção autônoma é um dos pilares do TPM e teve sua origem no Japão, nas décadas de 1960 e 1970, em resposta à necessidade de aumentar a produtividade e a competitividade da indústria japonesa (SUZUKI, 1994). Segundo Ribeiro (2014), a manutenção autônoma é uma atividade realizada pelos próprios operadores, com o objetivo de garantir a disponibilidade dos equipamentos e a qualidade do produto, reduzindo custos e aumentando a eficiência da produção.

De acordo com Nakajima (1988), a manutenção autônoma surgiu a partir da constatação de que, muitas vezes, os problemas de qualidade e de produtividade eram causados por falhas nos equipamentos e que os operadores eram os mais capacitados para identificar essas falhas. A partir daí, iniciou-se um processo de mudança cultural nas empresas, treinando e incentivando os operadores a realizar atividades de manutenção, antes delegadas exclusivamente aos mantenedores (XENOS, 2008).

O principal objetivo do pilar de manutenção autônoma é fazer com que os operadores internalizem o espírito e senso de propriedade com relação aos seus equipamentos de trabalho (BONIFÁCIO & GERMANO MARTINS, 2021). É fundamental que o autogerenciamento seja aplicado por todos e que o objetivo do TPM, de perda zero, seja alcançado (KARDEC & NASCIF, 2013)

Para Teles (2023), todos os operadores que possuem contato direto com o seu equipamento de trabalho desenvolvem habilidades preciosas e úteis em identificar anomalias em estágio inicial e a aplicação da manutenção autônoma dá autonomia para esse operador inspecionar, identificar e solucionar pequenas falhas e anomalias em seu equipamento durante o processo de produção.

Para manter uma maior efetividade na operação, alguns tipos de falha podem ser tratados pelo operador, realizando pequenos reparos a fim de que se possa antecipar algum tipo de defeito, ou corrigir anomalias que já está afetando o desempenho dos equipamentos realizando reparos que exigem um maior conhecimento técnico, devem ser realizados pela equipe de manutenção (RIBEIRO, 2014).

Com o tempo, a manutenção autônoma se mostrou um pilar fundamental para o sucesso do TPM, já que contribui para a redução das paradas de produção e dos custos de manutenção, além de aumentar a confiabilidade dos equipamentos e a

satisfação dos operadores. De acordo com Yamaguchi (2005), a manutenção autônoma é responsável por cerca de 50% da redução dos custos de manutenção e por 80% da redução das paradas de produção.

Para implementar a Manutenção Autônoma com sucesso, é preciso considerar alguns pré-requisitos fundamentais, conforme descrito pela literatura sobre o assunto (MAYER, 2018). De acordo com Nakajima (1988), o primeiro pré-requisito é o "comprometimento da alta administração", que deve estar disposta a investir recursos e apoiar a implementação da Manutenção Autônoma.

Além disso, segundo Monden (1994), é essencial fornecer "treinamento adequado" aos funcionários que realizarão a manutenção autônoma, tanto em técnicas de manutenção e uso de ferramentas, quanto na filosofia da TPM.

Para alcançar o sucesso na implementação da Manutenção Autônoma, (REIS , BARCELOS , & MACHADO, 2010) destaca a importância de estabelecer "metas claras" para a TPM, como redução de tempo de parada, aumento da eficiência da máquina, redução de defeitos etc.

De acordo com Monden (1994), é fundamental adquirir as ferramentas e equipamentos necessários para executar as atividades de manutenção autônoma. Finalmente, para garantir a efetividade da manutenção autônoma, é importante estabelecer um sistema de avaliação para medir o desempenho da TPM e identificar áreas que precisam de melhoria.

A implementação da Manutenção Autônoma segue um roteiro de sete passos, conforme figura 4, tendo início com a limpeza inicial estabelecendo as condições ideais de operação do equipamento e identificando anomalias. Após isso, se faz necessário a identificação e eliminação de locais de difícil acesso e fontes de sujeiras (NAKAJIMA, 1988).

Realizado os passos anteriores, se faz necessária a elaboração do plano de limpeza detalhado, com a definição de tarefas, responsáveis, frequência e métodos, é fundamental para garantir que o equipamento esteja sempre limpo e livre de sujeira e resíduos (MAYER, 2018).

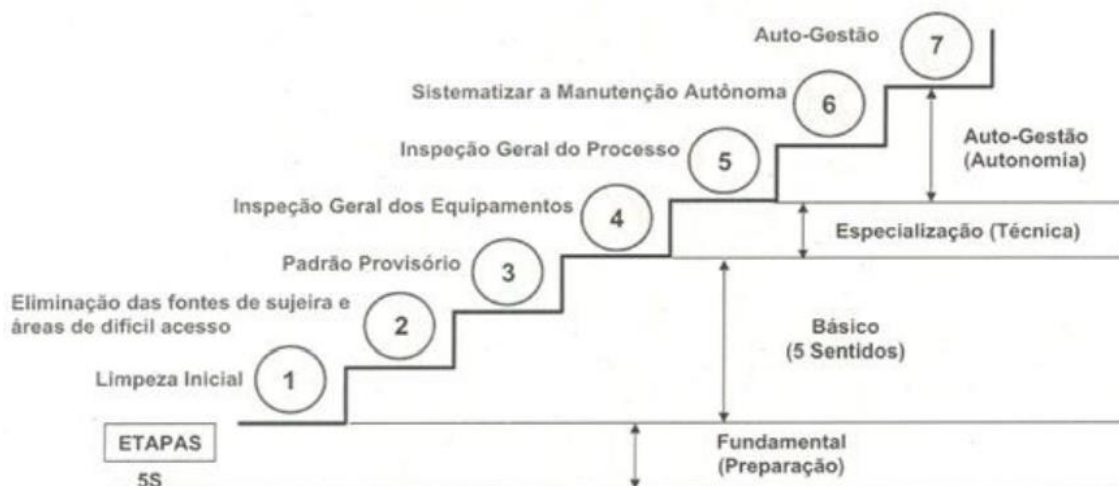
Atrelado aos padrões de limpeza se faz necessário a realização de inspeções sistemáticas gerais no maquinário a fim de que se possa estabelecer um plano de inspeção diário e contínuo nos pontos mais críticos do equipamento (DUARTE & PIZZOLATO, 2016).

Nakajima (1988) ressalta a importância de que todas as atividades relacionadas à manutenção autônoma devem ser padronizadas, com a definição de procedimentos, normas e instruções de trabalho incentivando os operadores a sugerir melhorias para o equipamento e para os processos, de forma a aumentar a eficiência e a produtividade.

Por fim, é importante consolidar os resultados obtidos com a manutenção autônoma, com a elaboração de indicadores de desempenho e a análise dos dados obtidos, de forma a identificar oportunidades de melhoria contínua (BONIFÁCIO & GERMANO MARTINS, 2021).

A manutenção autônoma é adotada por empresas de diversos setores, em todo o mundo, e é considerada uma prática fundamental para a gestão da produção (MAYER, 2018). De acordo com (REIS , BARCELOS , & MACHADO, 2010), a manutenção autônoma é uma ferramenta essencial para a melhoria contínua dos processos produtivos e deve ser vista como uma atividade estratégica para o sucesso das empresas.

Figura 4: Os sete passos da manutenção autônoma



Fonte: (IMAI, 2014)

### 3 METODOLOGIA

A pesquisa em questão classifica-se como exploratória, pois busca a construção de hipóteses a partir da familiarização com o problema envolvendo levantamentos bibliográficos e o mapeamento dos pontos onde deve-se atuar de maneira mais contundente na execução das atividades (PRODANOV & FREITAS, 2013).

A pesquisa também se encaixa como descritiva, pois visa descobrir a existência de associações entre variáveis relacionadas a paradas de manutenção a fim de que se elabore plano de ações com o objetivo de solucionar os problemas identificados (PRODANOV & FREITAS, 2013).

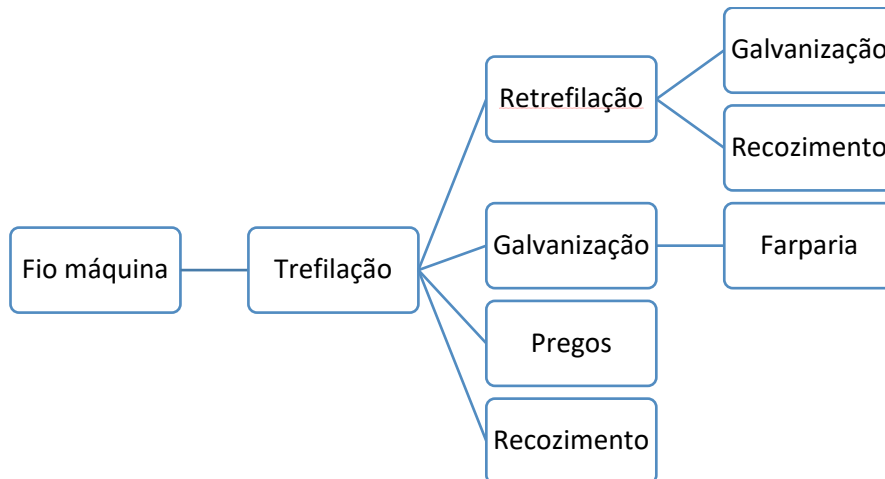
A pesquisa pode ser classificada quanto aos procedimentos técnicos utilizados e, nesse sentido, estudos de caso se destacam como uma abordagem que requer um esforço significativo e um amplo conhecimento por parte dos pesquisadores, uma vez que é realizada dentro de determinadas empresas, permitindo uma análise detalhada (GIL, 2002).

#### 3.1 AMBIENTE DO ESTUDO

O presente estudo tem como propósito realizar a implementação do pilar da manutenção autônoma na célula de trefilação de arames de uma usina siderúrgica localizada no estado de Pernambuco.

A figura 5, representa o fluxograma de arames trefilados, onde o estudo irá atuar especificamente da área da trefilação que é composta por cinco máquinas, doze operadores e funcionam durante 24 horas em revezamento em quatro turnos e tem capacidade de produção de 3000 toneladas por mês. Também se atuará na área da retrefilação que é composta por quatro máquinas e possuem oito operadores que trabalham 24 horas por dia em regime de revezamento em quatro turnos e tem a capacidade de produção de 1300 toneladas por mês.

Figura 5 – Fluxograma do Arame Trefilado



Fonte: O Autor (2023)

De acordo com França (2022), a matéria prima do processo de trefilação é o fio máquina, conforme Figura 6, que é fornecido pela laminação em forma de rolos, no quais serão desbobinados, decapados mecanicamente e lubrificados para que se inicie o processo.

Figura 6 – Estoque de Fio Máquina



Fonte: O Autor (2023)

O processo de trefilação consiste realizar uma transformação mecânica no fio máquina que ao atingir corpo da máquina de trefilar o arame é tracionado por um conjunto de blocos que o direciona para os passes de redução, mais conhecidos como fieiras, ou também microcassetes (FERNANDES, 2018). Em processos industriais de trefilação de arames, normalmente deseja-se obter uma redução total de área bastante alta, da ordem de 40 a 80% do diâmetro inicial, por isso é comum utilizar-se maquinários com múltiplos passes em sequência (FRANÇA, 2022). O material oriundo do processo, é armazenado em forma de carretel ou estocador e encaminhado para os processos posteriores, para serem utilizados.

### 3.2 DESCRIÇÃO DE COLETA DE DADOS

A partir do planejamento estratégico para o ano de 2022, foi identificado um aumento na demanda do mercado por arames trefilados, o que motivou a busca por maneiras de maximizar a eficiência dos equipamentos. A análise dos indicadores indicou a oportunidade de aumentar a disponibilidade dos maquinários na área de trefilação de arames por meio da aplicação da Manutenção Produtiva Total, utilizando o 5s como base e focando no pilar de manutenção autônoma.

Devido à alta complexidade de implementar todos os passos da metodologia de manutenção autônoma no setor, a alta gerência definiu que seria realizada a implementação de apenas os quatro passos iniciais do método até o mês de junho de 2022.

Para realizar a coleta de informações foi utilizado o software BI – Business Intelligence, (Inteligência Empresarial), a fim de observar os dados de eficiência do equipamento bem como as suas interrupções e desempenho, além disso, o software possibilita a análise através de algumas ferramentas da qualidade para determinar a máquina piloto, que será possível verificar a efetividade a aplicação da ferramenta.

### 3.3 PADRÃO DE REFERÊNCIA DE 5S

Antes de implementar a metodologia de manutenção autônoma, é importante que a área esteja preparada e tenha uma base sólida de gestão da qualidade (MAYER, 2018). Nesse sentido, foi realizado um treinamento de 5S para a operação e para a gestão, tornando-se um passo importante para preparar o ambiente de trabalho e os colaboradores para a adoção de uma cultura de melhoria contínua e autossuficiência.

Através da informação que o 5S traz benefícios como a melhoria do ambiente de trabalho, aumento da produtividade, melhoria da qualidade, engajamento dos colaboradores e redução de custos, que contribuem para a preparação da empresa para implementar a manutenção autônoma, a metodologia ajuda na identificação precoce de problemas e na implementação de ações corretivas de forma mais ágil e eficiente (XENOS, 2008).

Foi realizado o treinamento do 5S tinha como objetivo introduzir a cultura da manutenção autônoma e ajudar os colaboradores a desenvolver habilidades de observação e análise crítica, fundamentais para a implementação da metodologia

### 3.4 PASSO 1: LIMPEZA INICIAL

Para implementar o primeiro passo da manutenção autônoma, foi realizado um “Dia D”, dia em que as equipes devem realizar uma limpeza profunda nos equipamentos, eliminando qualquer sujeira ou resíduos que possam prejudicar o funcionamento dos equipamentos.

A limpeza é a base da manutenção autônoma e o primeiro passo para melhorar a eficiência do equipamento (ANDRADE & SCHERER, 2009). Durante a limpeza inicial os operadores devem realizar a remoção de resíduos e graxas acumuladas nas máquinas (Figura 7), a fim de permitir uma inspeção detalhada e expor problemas escondidos.

Figura 7 - Dia D



Fonte: O Autor (2021)

Durante a execução da limpeza e inspeção dos componentes, os membros dos grupos identificam as anomalias encontradas, utilizando etiquetas (Figura 8), que serão resolvidas ou pendenciadas para resolver ao final do dia.



Figura 8 - Cartões de Manutenção Autônoma

ETIQUETA DE ANOMALIAS	
<b>TPM PRODUÇÃO</b>	Nº. <input type="text"/>
Etapas 1 2 3 4 5 6 7	Prioridade A B C
ANOMALIA DETECTADA	
Equipamento: _____	
Elaborado por: _____	Data / / _____
DESCRIÇÃO DA ANOMALIA	
_____ _____ _____ _____ _____ _____	
Tempo estimado para reparo <input type="text"/>	horas
COLOQUE ESTA ETIQUETA NO EQUIPAMENTO	

ETIQUETA DE ANOMALIAS	
<b>TPM MANUTENÇÃO</b>	Nº. <input type="text"/>
Etapas 1 2 3 4 5 6 7	Prioridade A B C
ANOMALIA DETECTADA	
Equipamento: _____	
Elaborado por: _____	Data / / _____
DESCRIÇÃO DA ANOMALIA	
_____ _____ _____ _____ _____ _____	
Tempo estimado para reparo <input type="text"/>	horas
COLOQUE ESTA ETIQUETA NO EQUIPAMENTO	

Fonte: Sandrini 2023

### 3.5 PASSO 2: FONTES DE SUJEIRA E LOCAIS DE DIFÍCIL ACESSO

O segundo passo da manutenção autônoma consiste na identificação de fontes de sujeira e de locais de difícil acesso nos equipamentos de trefilação. Segundo (NAKAJIMA, 1988), eliminar a fonte de sujeira é essencial para manter a qualidade do produto e prolongar a vida útil do equipamento. Removendo esses resíduos que podem prejudicar o desempenho dos equipamentos, reduzindo a eficiência de produção é possível aumentar a produtividade do setor. Para realizar essa identificação, a equipe responsável pela manutenção autônoma deve realizar uma análise minuciosa dos equipamentos, procurando por áreas críticas que possam afetar o desempenho deles (MAYER, 2018).

A análise deve incluir a identificação de pontos críticos, áreas de difícil acesso, pontos de acúmulo de sujeira e resíduos e outros aspectos que possam interferir no desempenho do equipamento. É importante que essa análise seja conduzida pelos próprios operadores, que conhecem melhor as particularidades de cada equipamento, e que seja documentada para fins de acompanhamento e monitoramento (TELES, 2023).

### 3.6 PASSO 3: PADRONIZAR LIMPEZA, INSPEÇÃO E LUBRIFICAÇÃO

O terceiro passo da manutenção autônoma consiste na padronização dos procedimentos de limpeza e inspeção, com o objetivo de assegurar que as atividades sejam realizadas de forma consistente e eficiente (XENOS, 2008). Neste passo, foram estabelecidos os padrões de limpeza e inspeção para cada equipamento, com base nas especificações do fabricante e nas condições de operação da empresa.

Para estabelecer os procedimentos padrões, foi realizada uma análise detalhada dos equipamentos, a fim de identificar as áreas críticas que requerem atenção especial. A partir da análise inicial realizada no passo 1 e no passo 2, juntamente com a análise do manual técnico dos equipamentos.

### 3.7 PASSO 4: PLANO DE INSPEÇÃO GERAL DAS MÁQUINAS

O quarto passo da manutenção autônoma consiste na elaboração de um plano de inspeção realização de uma inspeção geral das máquinas (XENOS, 2008).

Essa inspeção envolve a verificação de componentes, como peças móveis, sensores de proteção bem como a realização de testes de funcionamento (SUZUKI, 1994). Com base nas informações coletadas durante a inspeção, é possível identificar possíveis fontes de falhas e mau funcionamento dos equipamentos e tomar medidas preventivas.

Essa inspeção deve ser realizada regularmente, no início de cada turno e é denominada como Itens de Verificação (Figura 9) e atrelada a ela, deve-se existir uma contramedida. Além disso, é fundamental que os operadores e mantenedores sejam treinados para realizar a inspeção de forma adequada e que os resultados sejam documentados no quadro de gestão a vista para fins de análise e melhoria contínua do processo de manutenção e identificação de não conformidades no equipamento.

Figura 9 - Itens de Verificação

ITENS DE VERIFICAÇÃO		Mês:																																
Item de Verificação/ Especificação	Contramedida	Turno	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
		1º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		2º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		3º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		1º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		2º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		3º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		1º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		2º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		3º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		1º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		2º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		3º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		1º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		2º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		3º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		1º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		2º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		3º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		1º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		2º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		3º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		1º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		2º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		3º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		1º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		2º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o
		3º	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o	o

Fonte: O Autor (2021)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Alinhado com a visão estratégica da empresa, a alta gerência da unidade definiu, em junho de 2021, a necessidade de implementação da metodologia de manutenção autônoma na área de produção de trefilação de arames, estabelecendo a meta de conclusão das quatro primeiras etapas até junho de 2022.

Com o objetivo de atingir as metas estabelecidas, criou-se times de manutenção autônoma e executou-se um plano de educação e treinamento em módulos para todos os envolvidos, tal plano de treinamento foi ministrado pela consultora de Excelência Operacional da empresa.

Os times eram compostos por coordenadores de produção e manutenção, operadores, técnico em mecânica, consultores técnicos, assistentes de produção e estagiários. Os times se subdividiram entre os equipamentos, de forma que a divisão fosse igualitária para cada maquinário.

Os resultados obtidos foram diretamente ligados à criação de procedimentos que padronizassem as atuações operacionais, bem como aumento da disponibilidade dos equipamentos para a operação e a diminuição da interrupção dos maquinários.

### 4.1 PADRONIZAÇÃO DE PROCEDIMENTOS

Com o objetivo de manter o padrão entre todos os equipamentos e manter a cultura de implementação dos cinco sentidos, a primeira entrega da implementação foi a criação de padrões de referência na área, estruturando assim, uma organização melhor da área e da equipe, e padronizando bancadas, carrinhos de ferramentas e armários, conforme Figura 10.

Figura 10 - Padrões de Referência



Fonte: O Autor (2021)

Como resultado da implementação do primeiro passo da manutenção autônoma, os responsáveis pela limpeza de cada um dos equipamentos elaboraram um plano inicial de limpeza, inspeção e lubrificação que defina as responsabilidades de cada operador na manutenção preventiva dos equipamentos.

O plano estabelece as atividades que devem ser realizadas pelos operadores, bem como a forma como essas atividades serão executadas e resultado esperado com essas ações.

O objetivo inicial é criar um roteiro de limpeza que seja seguido por todos os operadores, garantindo a eficiência da metodologia, conforme quadro 1, bem como a antecipação do início do passo 3, onde será utilizado posteriormente de maneira mais estruturada.

Quadro 1 - Plano de Limpeza, Inspeção e Lubrificação

<b>Plano de Limpeza, Inspeção e Lubrificação da MTR38</b>					
<b>Item</b>	<b>Padrão</b>	<b>Método</b>	<b>Ferramenta</b>	<b>Horário</b>	<b>Período</b>
Cassete bloco: 1-2-3-4-5-6 e 7	1. Sem vazamento de graxa ou óleo 2. Isento de pó de sabão	1. Fazer limpeza com aspirador de pó	1. Aspirador de pó 2. Toalha	12:00 as14:00	todas as 3 <sup>a</sup> feiras
Tensor do bloco:1-2-3-4-5-6 e 7	1. Sem acúmulo de sabão ou poeira; 2. Sem desgaste na superfície de contato com o arame;	1. Usar as mãos para verificar liberdade de giro, 2. Lubrificar o rolamento e limpar o excesso de graxa,	1. Graxeira propulsora 2. Toalha	12:00 as14:00	todas as 3 <sup>a</sup> feiras

Fonte: O Autor (2021)

Após a segunda etapa da aplicação da metodologia, analisou-se a identificação de pontos críticos, áreas de difícil acesso, pontos de acúmulo de sujeira e resíduos e outros aspectos que possam interferir no desempenho do equipamento. Onde essa análise foi conduzida pelos próprios operadores, que conhecem melhor as particularidades de cada equipamento, e foi documentada para fins de acompanhamento e monitoramento, conforme quadro 2.

Quadro 2 - Identificação de Fontes de Sujeiras e Locais de Difícil Acesso

<b>Identificação de Locais - MTR38</b>					
<b>Fonte de sujeira</b>	<b>Local de Difícil acesso</b>	<b>Descrição</b>	<b>Data</b>	<b>Ação</b>	<b>Responsável</b>
x		Eixo central do Bobinador expulsando muita graxa	25/08/2021	Desenvolver solução para diminuir quantidade de graxa no bobinador	Manutenção
x		Desbobinador com excesso de carepa	28/08/2021	Realizar varrição ao final do turno	Operação
x		Cassetes com excesso de carepa	28/08/2021	Soprar cassetes com Ar Comprimido ao final do turno	Operação
	x	Dificuldade para realizar a substituição de roldana horizontal	30/09/2021	Desenvolver ferramenta para realizar a substituição	Liderança

Fonte: O Autor (2021)

Com base na análise realizada, é necessário elaborar um plano de ação para a limpeza e manutenção preventiva dessas áreas críticas. Esse plano deve incluir as atividades necessárias para a eliminação da sujeira e resíduos, bem como para facilitar o acesso aos locais críticos.

Vale ressaltar que a identificação de fontes de sujeira e locais de difícil acesso é um processo contínuo, já que novas áreas críticas podem surgir ao longo do tempo (SANTOS, 2023).

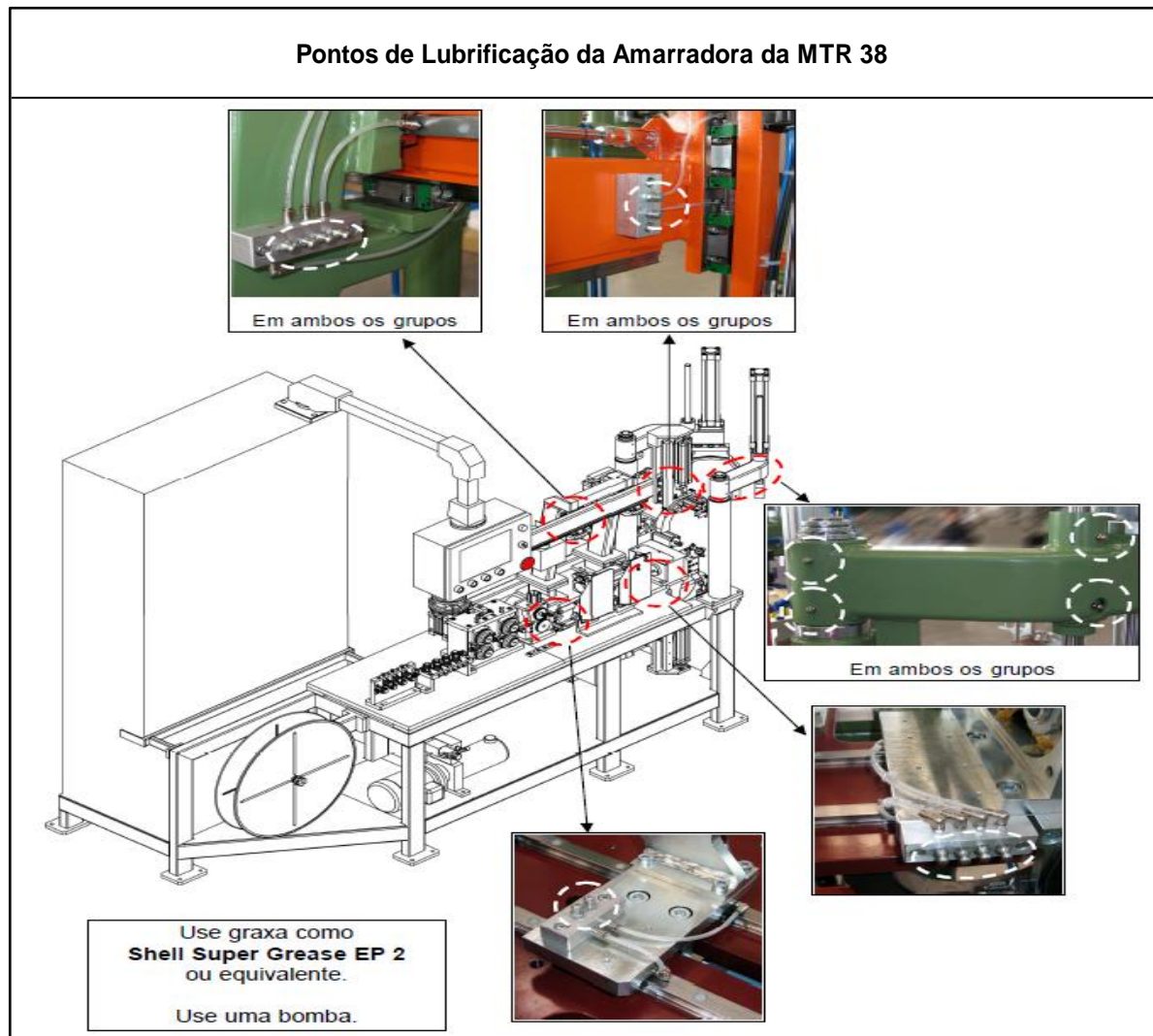
Para estabelecer os procedimentos padrões, conforme ao passo 3 da metodologia, foi realizada uma análise detalhada dos equipamentos, a fim de identificar as áreas críticas que requerem atenção especial. A partir da análise inicial realizada no passo 1 e no passo 2, juntamente com a análise do manual técnico dos equipamentos, foram elaborados os procedimentos para limpeza, inspeção e lubrificação (Quadro 3 e Figura 11) dessas áreas, visando garantir que as atividades sejam realizadas de forma segura e eficiente pelos operadores de maneira padronizada.

Quadro 3 - Cronograma de Limpeza e Inspeção da MTR34

Cronograma de Limpeza e Inspeção da MTR 34								
Ponto	Inspeção	Hora	Minutos	1ª Terça-Feira		1ª Quarta-Feira		Período
				PLAN.	REAL	PLAN.	REAL	
1	Efetuar a limpeza dos cilindros hidráulicos das bases do pay-off	13:00	30					MENSAL
2	Efetuar a limpeza dos mancais da roldana superior	13:45	10					MENSAL
3	Efetuar a limpeza dos roletes guia e roldanas de decapagem (verificar nível de desgaste)	14:00	15					SEMANAL
4	Efetuar a limpeza das prensas fixas e móvel	14:15	10					SEMANAL

Fonte: O Autor (2021)

Figura 11 - Pontos de Lubrificação da MTR38



Fonte: O Autor (2023)

Os procedimentos padrões foram apresentados aos operadores, que foram treinados e capacitados para realizarem as atividades de limpeza e inspeção conforme o que foi estabelecido. Adicionalmente, foi estabelecido um sistema de monitoramento e revisão periódica dos padrões, visando identificar oportunidades de melhoria e fazer ajustes nos procedimentos, sempre que necessário, a fim de garantir a otimização dos processos produtivos e a maximização da eficiência dos equipamentos.

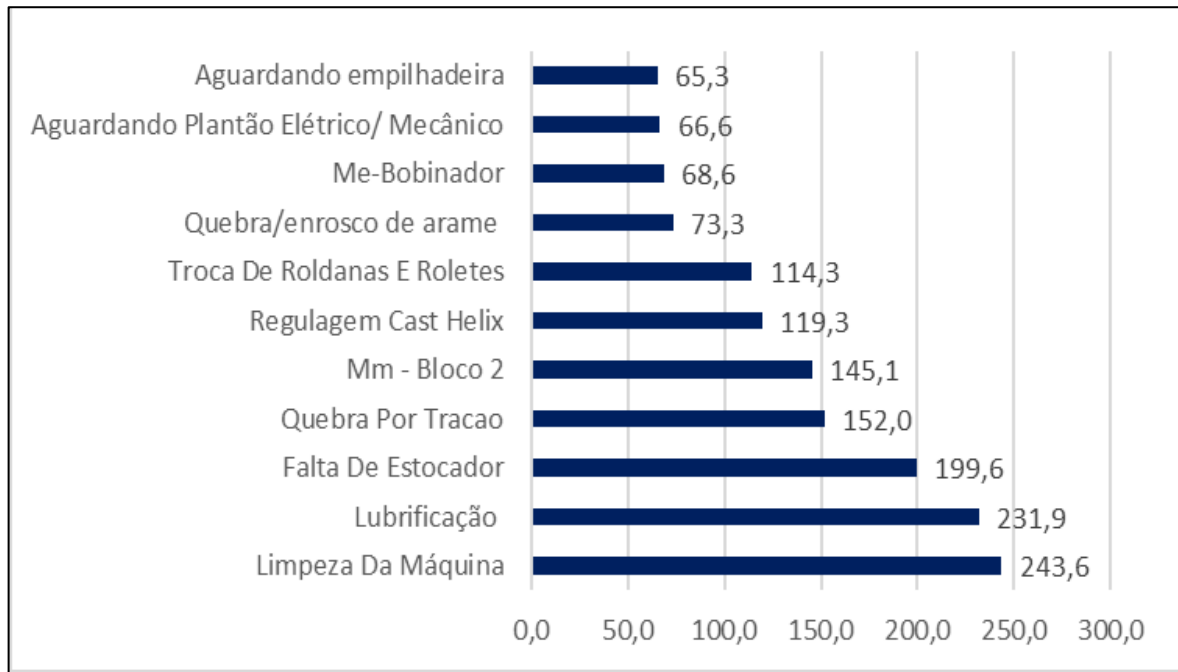
#### 4.2 INDICADORES DE INTERRUPTÃO E DISPONIBILIDADE

Ao realizar o planejamento para implementação dos passos da manutenção autônoma, foi realizada uma análise, referente as interrupções mais impactantes



para a área (Figura 12), a fim de que se tornasse possível a visualização das principais causas e a real efetividade da implementação da metodologia de manutenção autônoma.

Figura 12 - Tempo de máquina parada atrelada as causas



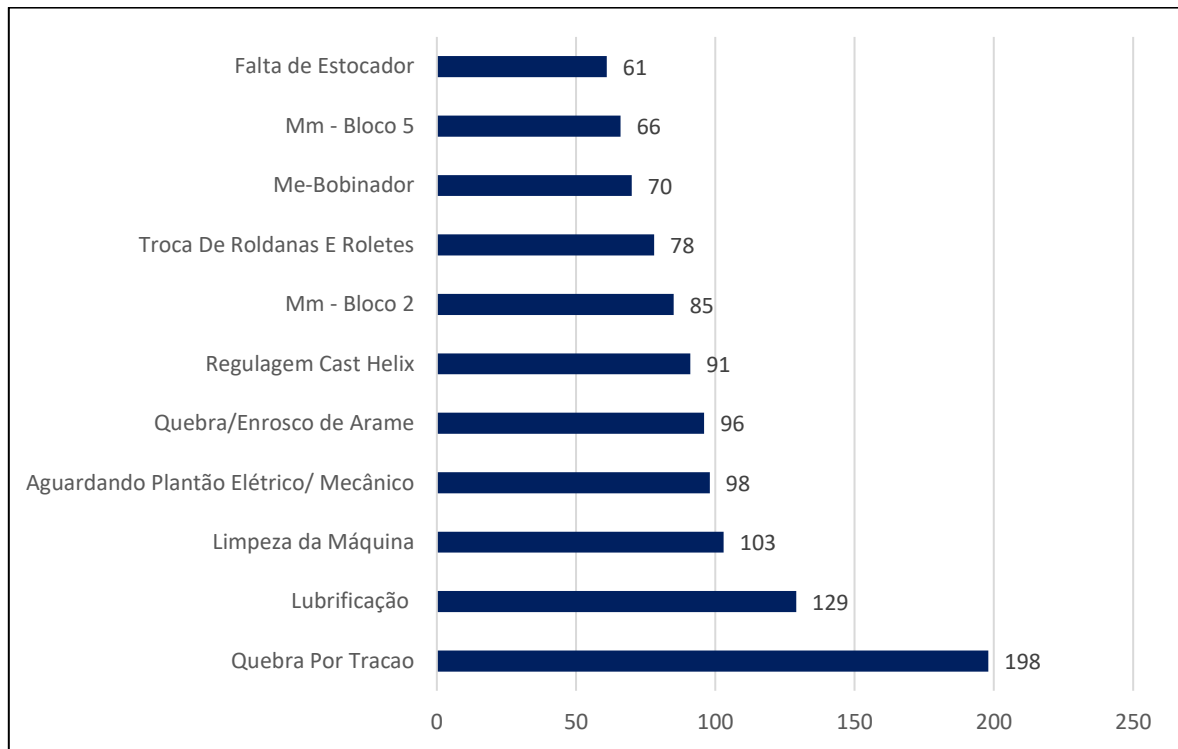
Fonte: O Autor (2021)

A partir disso, observou-se que as rotinas diárias eram as paradas que mais impactavam na disponibilidade do equipamento e por não possuírem um padrão específico para realizar esses procedimentos acarretavam mais tempo de parada e uma menor efetividade na realização da atividade e conseqüentemente uma menor produção de arame trefilado.

Portanto, foi feito um levantamento das principais interrupções de equipamentos de cunho operacional e de manutenção para direcionar os esforços para os equipamentos que impactassem mais o indicador de interrupção e o de disponibilidade do equipamento.

Após a implementação dos quatro passos iniciais da manutenção autônoma, observou-se que as rotinas diárias permanecem entre as maiores causas de interrupção dos equipamentos, mas o tempo de parada diminuiu em aproximadamente 50%, gerando uma maior efetividade nessas paradas. Notou-se uma redução de intervenções corretivas nos equipamentos, que através da ferramenta conseguem atuar de maneira preventiva no maquinário, prevenindo assim, grandes paradas (Figura 13).

Figura 13 – Tempo de máquina parada atrelada as causas



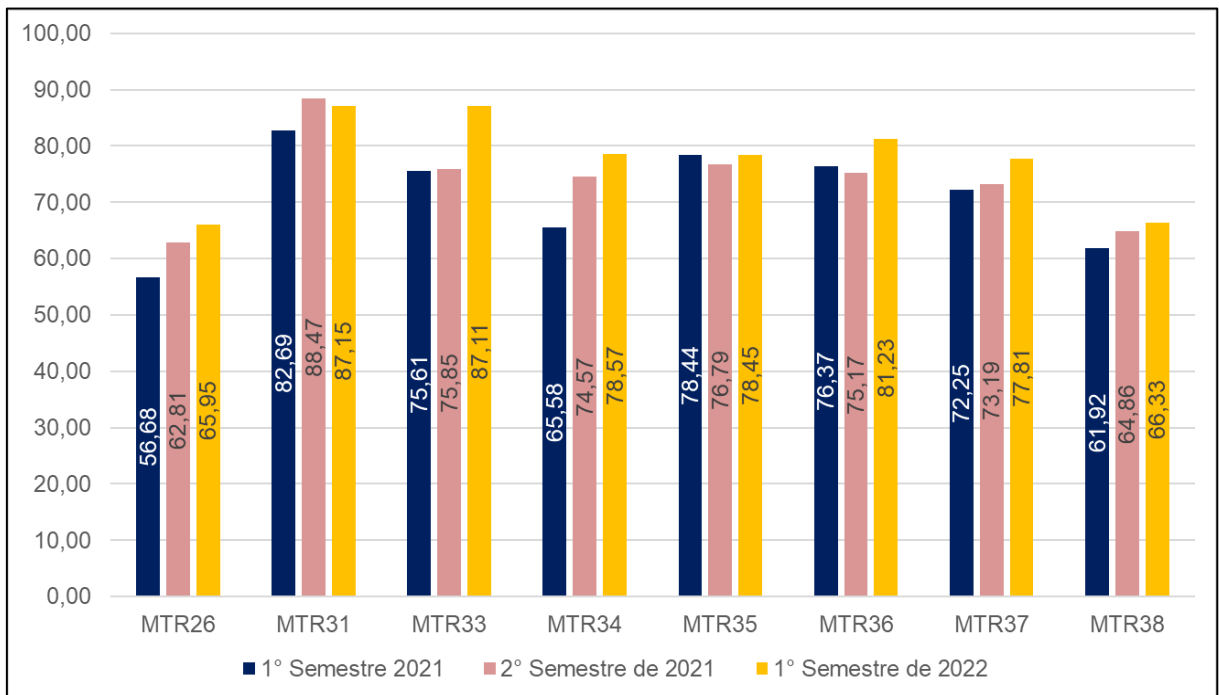
Fonte: O Autor (2023)

Observou-se também, um aumento do tempo de máquina parada relacionado a Quebra por Tração (Figura 13), que se deu pelo fato de desenvolvimento de matéria prima com novos materiais, sendo assim, sem relação direta à aplicação da metodologia da manutenção autônoma.

Com a implementação de apenas os quatro primeiros passos da metodologia, atrelada com a metodologia do 5s, foi possível observar uma grande evolução em relação ao tempo de máquina parada, podendo ser potencializada em breve aplicando os três passos finais da ferramenta e mantendo a cultura de melhoria contínua viva dentro do processo.

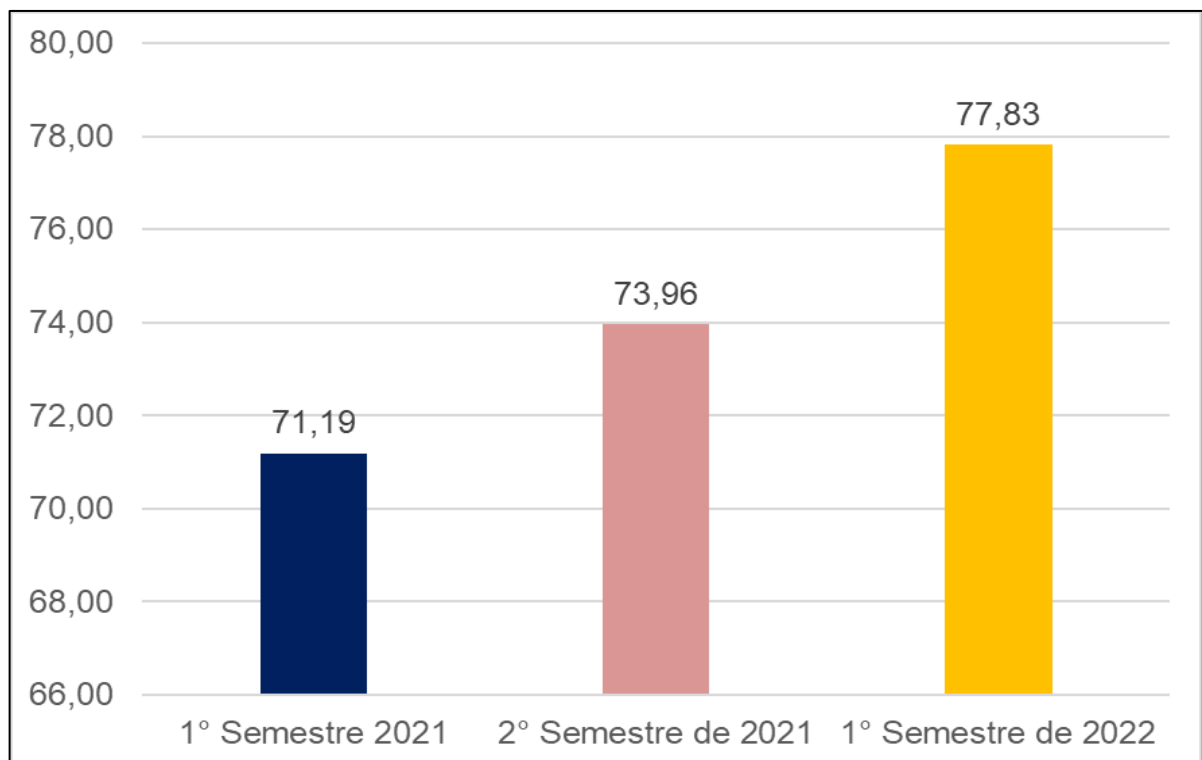
Sabendo que a disponibilidade é composta pelo tempo real de operação dividido pelo tempo programado, após a implementação dos primeiros passos da metodologia, observou-se uma evolução gradativa do indicador em quase todas as máquinas de trefilar, MTR, no segundo semestre de 2021 e a se consolidou no primeiro semestre de 2022 em todas os equipamentos da área, conforme a Figura 14.

Figura 14 - Evolução de Disponibilidade dos Equipamentos



Fonte: O Autor (2022)

Figura 1512 - Evolução de Disponibilidade da Trefila e Retrefila



Fonte: O Autor (2022)

A evolução desse indicador (Figura 15), se deu pelo trabalho focado em retomada da condição de base dos equipamentos, garantindo o padrão de limpeza, organização, inspeção e lubrificação a operação se tornou parte fundamental da

solução dos problemas apresentados pelo maquinário, fazendo que algumas falhas fossem prevenidas ou antecipadas de maneira sistemática.

O resultado obtido através da utilização da metodologia, agradou a operação que conseguiram colocar em prática e de maneira mais eficiente as ferramentas, melhorando a capacidade de identificar e solucionar problemas juntamente com a equipe de manutenção e como consequência disso, disponibilizando o equipamento para aumentar a produção realizada dentro do turno.

Para área como um todo, o resultado obtido foi visto de maneira positiva e como aspiração as células da galvanização, farparia e pregos, adotaram a ferramenta em seus quatro passos iniciais atrelada com a metodologia do 5s e estão colhendo frutos destinados a disponibilidade dos equipamentos e aumento da capacidade produtiva.

Portanto, com a aplicação da metodologia da manutenção autônoma, seguindo os princípios da TPM, tornou-se possível a obtenção do resultado de aumento de disponibilidade e diminuição do tempo das interrupções operacionais e de manutenção além de realizar a padronização dos procedimentos operacionais que contribuem com a melhor gestão de tempo e de recursos de manutenção, permitido uma atuação mais robusta e assertiva, durante as manutenções preventivas.

## 5 CONCLUSÕES

O presente estudo enfatiza os resultados obtidos com a implementação da metodologia da manutenção autônoma no setor de trefilação de uma usina siderúrgica. Através da manutenção autônoma atrelada ao 5s, foi possível aumentar a disponibilidade dos equipamentos em uma casa de 6% e reduzir as interrupções para intervenções de manutenção, resultando em ganhos significativos de produtividade e eficiência operacional.

A realização da manutenção autônoma permitiu que os operadores assumissem um papel mais ativo no processo de manutenção, tornando-se responsáveis por identificar e solucionar problemas em seus próprios equipamentos. Isso contribuiu para o desenvolvimento de uma cultura de manutenção preventiva, em que a detecção precoce de problemas e a realização de reparos rápidos se tornaram rotina.

A metodologia de manutenção autônoma também permitiu a padronização dos procedimentos de limpeza e inspeção, tornando-os mais eficientes e eficazes. Além disso, a metodologia incentivou a realização de inspeções gerais das máquinas, o que contribuiu para a identificação de problemas antes que se tornassem críticos.

A implementação da ferramenta foi bem-sucedida devido à sua metodologia estruturada, que envolveu a capacitação dos operadores e a definição de padrões claros de manutenção preventiva, bem como a distribuição e frequência para a realização de atividades. A colaboração e o envolvimento dos operadores foram fundamentais para o sucesso da implementação, pois permitiram a realização de melhorias nos procedimentos de manutenção e o desenvolvimento de uma cultura de melhoria contínua.

Em suma, a metodologia é uma abordagem eficaz para melhorar a disponibilidade dos equipamentos e reduzir as interrupções para intervenções de manutenção acarretando numa melhor gestão de manutenções preventiva, atuando em locais que já foram indicados previamente. A sua implementação próspera exige um compromisso forte por parte da empresa e dos operadores, além de uma abordagem estruturada que envolve a capacitação dos operadores e a definição de padrões claros de manutenção preventiva.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. D., & SCHERER, C. D. **Estudo de caso da aplicação do indicador de eficiência global de equipamentos (OEE) para diagnóstico e melhoria da produtividade em uma linha de produção automotiva.** XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2009.
- ARAGÃO, I. R. **A redução de perdas num processo produtivo através da sistemática da árvore de perdas.** Revista Produção, 2007.
- BONIFÁCIO, M. A., & GERMANO MARTINS, A. C. **Resultados da aplicação da manutenção autônoma na mitigação de geração de resíduos: Estudo de caso em empresa calçadista de Jaú/SP,** Gestão & Produção, 2021.
- Cavallari, R. **O que é e como aplicar a metodologia 5s?** Fonte: Delogic: <https://blog.delogic.com.br/o-que-e-metodologia-5s/>, 2019, Acessado em 27 de abril de 2023.
- DIETER, G. E. **Metalurgia Mecânica.** 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Dois Editora, 1981.
- DUARTE, D. A., & PIZZOLATO, M. (2016). **Manutenção produtiva total: Proposta de ações para a implantação do pilar de manutenção autônoma em uma indústria de bebidas.** XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016.
- FERNANDES, L. S. **Redução do excesso da camada de zinco em linha de galvanização de arames.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais), Universidade Federal de Pernambuco, 2018.
- FRANÇA, M. T. **ESTUDO DE PERDAS NO PROCESSO DE RECOZIMENTO DE ARAMES EM FORNOS DO TIPO CAMPÂNULA.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia dos Materiais), UFPE, 2022.
- GIL, A. C. **Como elaborar um projeto de pesquisa.** Minas Gerais: Atlas, 2002.
- IMAI, Y. **Curso de Formação de Facilitadores de TPM.** São Paulo: Apostila, 2014.
- KARDEC, A., & NASCIF, J. **Manutenção - Função Estratégica.** Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.
- MARCONI, M. D., & LAKATOS, E. M. **Fundamentos da Metodologia Científica.** Rio de Janeiro: Atlas , 2011.
- MAYER, S. **Os quatro passos iniciais da manutenção autônoma: implementação no setor de envase de uma usina de beneficiamento de leite.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Paraná, 2018.
- MONDEN, Y. **Toyota Production System.** New York: Chapman & Hall, 1994.
- MORAES, P. H. **MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL: estudo de caso em uma empresa automobilística .** Dissertação (Mestrado em Economia) - Universidade de Taubaté, São Paulo, 2004 .

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance**. Minnessota: Productivity Press, 1988.

PRODANOV, C. C., & FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

REIS, R., BARCELOS, M. A., & MACHADO, M. M. **Implementação da Manutenção Autônoma em uma linha de produção contínua**. Simposio de Engenharia de Produção, 2010.

RIBEIRO, H. **A Bíblia do TPM: Como gerenciar a produtividade na empresa**. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena, 2014.

SANTOS, V. M. **Manutenção Autônoma: o que é e para que serve essa ferramenta?** Fonte: FM2S Educação e Consultoria: <https://www.fm2s.com.br/blog/manutencao-autonoma>, 2023 Acessado em 25 de janeiro de 2023.

SILVEIRA, C. B. **8 pilares da manutenção produtiva total**. Fonte: Citisystems: [www.citisystems.com.br/pilares-manutencao-produtiva-total](http://www.citisystems.com.br/pilares-manutencao-produtiva-total), 2022, acessado em 06 de abril de 2023.

SLACK, N., & CHAMBERS, S. **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

SUZUKI, T. **Total Productive Maintenance**. São Paulo: JIPM & IMC, 1994.

TAJIRI, M., & GOTO, F. **TPM Implementation, a Japanese Approach**. Michigan: McGraw-Hill, 1992.

TELES, J. **TPM - Pilar 1: Manutenção Autônoma**. Fonte: engeteles: [engeteles.com.br/manutencao-autonoma](http://engeteles.com.br/manutencao-autonoma), 2019, Acessado em 04 de Abril de 2023.

VIANA, H. **Plano e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.

XENOS, H. G. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. Belo Horizonte: Editora Falconi, 2008.

YAMAGUCHI, C. T. **TPM - Manutenção Produtiva Total**. São João del Rei: ICAP, 2005.