

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
Faculdade de Engenharia e Ciências - Campus de Guaratinguetá

HEITOR FERREIRA DA SILVA

**REDUÇÃO DO TEMPO DE INSPEÇÃO DE BARRAS APLICANDO TÉCNICAS DE
MANUFATURA ENXUTA**

Guaratinguetá
2025



HEITOR FERREIRA DA SILVA

**REDUÇÃO DO TEMPO DE INSPEÇÃO DE BARRAS APLICANDO
TÉCNICAS DE MANUFATURA ENXUTA**

Monografia apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Engenharia e Ciências, Guaratinguetá, para obtenção do título de bacharel em Engenharia de Materiais..

Orientador(a): Prof. Dr. Marcos Valério
Ribeiro

Guaratinguetá

2025

S586r Silva, Heitor Ferreira da
Redução do tempo de inspeção de barras aplicando técnicas de manufatura enxuta / Heitor Ferreira da Silva - Guaratinguetá, 2025.
36 f : il. Bibliografia:
f. 35-36

Trabalho de Graduação em Engenharia de Materiais – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia e Ciências de Guaratinguetá, 2025.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro

1. Produção enxuta. 2. Manufatura enxuta. 3. Controle de qualidade. 4. Produtividade. I. Título.

CDU 658.5


HEITOR FERREIRA DA SILVA

**REDUÇÃO DO TEMPO DE INSPEÇÃO DE BARRAS APLICANDO TÉCNICAS DE
MANUFATURA ENXUTA**


Monografia apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Engenharia e Ciências, Guaratinguetá, para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Materiais.

Data da defesa: 13/11/2025


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **MARCOS VALERIO RIBEIRO**
Data: 03/12/2025 19:37:13-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Marcos Valério Ribeiro
UNESP - Faculdade de Engenharia e Ciências - Campus de Guaratinguetá

Documento assinado digitalmente
 **LUIZ ANTONIO AZEVEDO ROSA**
Data: 27/11/2025 19:46:34-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Luiz Antonio Azevedo Rosa
FATEC - Pindamonhangaba

Documento assinado digitalmente
 **JOAO FLORENTINO MEIRA DE VASCONCELLOS**
Data: 28/11/2025 10:54:21-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. João Florentino Meira de Vasconcellos Neto
UNESP - Faculdade de Engenharia e Ciências - Campus de Guaratinguetá

AGRADECIMENTOS

E eu agradeço primeiramente a minha família, minha mãe Mônica, meu pai Luiz e a meus irmãos, Ewerton e João que me apoiou e incentivou em cada segundo da graduação. A todos professores que contribuíram para meu crescimento profissional e pessoal. Ao meu mentor durante este projeto, Paulo Donato, que me ajudou e guiou em algo totalmente novo em minha vida. A extensão acadêmica Aerofeg de aerodesign, onde passei grandes momentos de superação e vitória. E por fim, a todos amigos e colegas que conquistei durante essa minha trajetória.

"O maior inimigo do conhecimento não é a ignorância, é a ilusão do conhecimento."

Stephen Hawking

RESUMO

Este trabalho aborda a otimização do tempo de *setup* em uma linha de inspeção de barras de aço, onde a troca de bitola foi identificada como a principal causa de parada. O objetivo foi reduzir esse tempo de inatividade através da aplicação de um evento *Kaizen*, focado na metodologia SMED. A análise do processo resultou na implementação de melhorias diretas nas atividades de troca e na introdução de práticas do 5S para organização do posto. Como resultado, o tempo de *setup* foi reduzido em 54%, passando de 37 para 17 minutos. A criação de um novo padrão operacional consolidou as melhorias, aumentando a disponibilidade do equipamento e fortalecendo a cultura de melhoria contínua na empresa.

Palavras-chave: Melhoria contínua; *Kaizen*; SMED; Redução *SETUP*.

ABSTRACT

This paper addresses the optimization of setup time on a steel bar inspection line, where the gauge changeover was identified as the primary cause of downtime. The objective was to reduce this inactivity by applying a Kaizen event focused on the SMED methodology. The process analysis led to the implementation of direct improvements in changeover activities and the introduction of 5S practices for workstation organization. As a result, the setup time was reduced by 54%, decreasing from 37 to 17 minutes. The creation of a new standard operating procedure consolidated these improvements, increasing equipment availability and strengthening the culture of continuous improvement within the company.

Keywords: Lean Manufacturing; KAIZEN; SMED; Setup Reduction.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

FEA	Forno Elétrico a Arco
OEE	Overall Equipment Effectiveness
SMED	Single-Minute Exchange of Die
END	Ensaio Não Destrutivo
US	Ultrassom
PM	Partícula Magnética
LP	Líquido Penetrante
TPS	Sistema Toyota de Produção
PDCA	<i>Plan Do Check Act</i>
TPM	Manutenção Produtiva Total
PCP	Planejamento e Controle de Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
1.1	JUSTIFICATIVA.....	8
1.2	OBJETIVO GERAL.....	9
1.3	OBJETIVO ESPECÍFICO.....	9
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
2.1	SETOR SIDERÚRGICO E CONTEXTO PRODUTIVO.....	10
2.1.1	Usina Siderúrgica.....	10
2.1.2	Laminação.....	11
2.1.3	Linha de Inspeção.....	11
2.1.3.1	Endireitadeira.....	12
2.1.3.2	END (Ensaio Não Destrutivo).....	12
2.2	GESTÃO DA PRODUÇÃO E MELHORIA CONTÍNUA.....	13
2.2.1	Fundamentos da Produção Enxuta (Lean Manufacturing).....	13
2.2.2	Metodologia Kaizen.....	15
2.2.3	Single-Minute Exchange of Die (SMED).....	15
2.2.4	5S.....	17
2.3	INDICADOR DE DESEMPENHO OPERACIONAL OEE.....	18
2.3.1	Disponibilidade.....	19
2.3.2	Performance.....	19
2.3.3	Qualidade.....	20
3	METODOLOGIA.....	21
3.1	PRÉ-KAIZEN.....	22
3.1.1	Estruturação da aplicação do SMED.....	23
3.1.2	Semana do evento Kaizen.....	24
3.1.3	Pós Kaizen.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	25
4.1	PRÉ-KAIZEN.....	25
4.1.1	Planejamento e Constituição do Time Kaizen.....	27
4.1.2	Execução do SMED.....	27
4.1.3	Desenvolvimento do Plano de Ação.....	28
4.1.3.1	Intervenções e Otimizações Implementadas.....	30
4.1.3.2	Resultados das Intervenções e Aprimoramentos.....	31
4.1.3.3	Resultado do Evento Kaizen.....	32
4.1.3.4	Pós-Kaizen.....	33
5	CONCLUSÃO.....	34
	REFERÊNCIAS.....	35

1 INTRODUÇÃO

A diversidade significativa na diversidade de produtos de uma siderúrgica de aços especiais impõe um desafio: o processo de configuração (*setup*) na linha de inspeção deve ser extremamente ágil para responder às constantes mudanças nas ordens de produção. Esse contexto revela oportunidades claras para ganhos de eficiência e redução de desperdícios, especialmente em uma planta com dezenas de equipamentos operando em três turnos e passando por frequentes trocas de produtos.

Para enfrentar esse cenário, o estudo adotou o *Lean Manufacturing* (Produção Enxuta). Essa filosofia de gestão visa maximizar a eficiência por meio da eliminação sistemática de desperdícios e da busca pela melhoria contínua dos processos. Um pilar central do *Lean* é o *Kaizen*, que promove pequenas mudanças incrementais realizadas por toda a equipe. No contexto deste trabalho, a ferramenta SMED (*Single-Minute Exchange of Die*) foi fundamental. Trata-se de uma metodologia desenvolvida especificamente para reduzir o tempo de *setup* em máquinas, aumentando a flexibilidade do processo e a produtividade geral.

Desta forma, o projeto concentra-se em um esforço de aprimoramento focado na diminuição do tempo de *setup* de uma Endireitadeira, um equipamento integrante da linha de inspeção de barras de aços especiais. A abordagem proposta aplica um conjunto de ferramentas *Lean*, incluindo *Kaizen*, SMED e 5S, com o objetivo direto de aumentar a disponibilidade da linha e otimizar o desempenho global das operações.

1.1 JUSTIFICATIVA

O estudo foi conduzido na Linha de Inspeção 4, parte da área de Transformação Mecânica de uma multinacional siderúrgica localizada no interior de São Paulo. Esta linha, responsável por ensaios não destrutivos em barras de aço e com capacidade de 10 mil toneladas/mês, apresentou elevados índices de horas paradas ao longo de 2022, tornando imperativa uma avaliação estratégica dessas interrupções.

A análise inicial identificou duas causas principais para essa baixa performance: primeiro, a falta de padronização nas trocas de bitola da endireitadeira,

o que estendia o tempo de parada; e segundo, a carência de organização na área, que acarretava perdas de desempenho entre os turnos.

O *setup* (troca de bitola) na endireitadeira, quando realizado por um operador, demandava uma média de 37 minutos. Diante dessa oportunidade, este projeto foi estruturado para realizar um evento *Kaizen*, visando reduzir essa que é uma das principais paradas programadas da linha.

Portanto, o trabalho propõe a aplicação de ferramentas *Lean*, com o envolvimento operacional, para reduzir o tempo de *setup* da endireitadeira e, conseqüentemente, aumentar a capacidade produtiva.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é propor a implementação da metodologia SMED para reduzir o tempo de *setup* na troca de bitolas das barras de aço, visando a diminuição das paradas programadas e o conseqüente aumento da disponibilidade e desempenho da linha de inspeção.

1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO

Para atingir o objetivo geral, este trabalho propõe-se a:

- Aplicar os princípios do 5S para organizar o posto de trabalho, otimizando as condições da área de *setup*;
- Mapear e analisar criticamente o processo de *setup* atual, utilizando a metodologia SMED para identificar as oportunidades de melhoria;
- Estruturar as melhorias propostas em um novo trabalho padronizado, estabelecendo métricas para a gestão das novas práticas;
- Demonstrar como a proposta de implementação pode atingir a meta de 50% de redução no tempo de *setup*, visando o aumento da capacidade produtiva e do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*) da linha.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, serão detalhadas as abordagens metodológicas empregadas no desenvolvimento deste projeto. Com isso, objetiva-se proporcionar uma compreensão aprofundada do contexto que fundamentou as decisões tomadas ao longo do processo.

2.1 SETOR SIDERÚRGICO E CONTEXTO PRODUTIVO

2.1.1 Usina Siderúrgica

A usina siderúrgica semi-integrada se distingue das plantas tradicionais por seu modelo de produção híbrido, que combina o uso de matérias-primas primárias e recicladas. Diferentemente das usinas integradas que se baseiam no alto-forno para produzir ferro-gusa a partir do minério de ferro, a usina semi-integrada utiliza principalmente o Forno Elétrico a Arco (FEA), no qual a matéria-prima principal é a sucata metálica (Costa, 2018). Essa abordagem confere maior flexibilidade ao processo, permitindo que a unidade adapte sua produção à disponibilidade de insumos e às demandas do mercado com maior agilidade.

O ciclo produtivo em uma usina semi-integrada começa com o carregamento da sucata de aço, que é derretida pelo calor gerado por arcos elétricos no FEA. Para ajustar a composição química do aço líquido e alcançar as especificações desejadas, outros materiais como o ferro-gusa líquido ou o ferro-esponja podem ser adicionados ao forno. Esse método é considerado mais ágil e com um custo de capital inicial mais baixo em comparação com a construção de um complexo de alto-forno (Moura, 2021).

Do ponto de vista da sustentabilidade, a siderurgia semi-integrada representa um avanço significativo. Ao priorizar a utilização de sucata, a usina reduz a demanda por minério de ferro e carvão mineral, diminuindo as emissões de dióxido de carbono e o consumo de energia em cerca de 75% por tonelada de aço produzida, em comparação com o processo convencional de alto-forno (Costa, 2018). Essa característica é fundamental para o futuro do setor, alinhando a produção com as metas globais de redução do impacto ambiental.

2.1.2 Laminação

A laminação é a etapa final e crucial no processo de produção do aço, responsável por transformar o material em produtos com formas e dimensões específicas para uso industrial. O processo consiste em passar o metal entre um ou mais pares de cilindros (cilindros de laminação) para reduzir sua espessura, alterar sua forma e melhorar suas propriedades mecânicas, como resistência e ductilidade. Essa operação de conformação mecânica é realizada por meio da aplicação de altas pressões, que comprimem e esticam as barras de aço de forma controlada. Realizada com o aço aquecido a temperaturas superiores a 900 °C. Este processo é ideal para a conformação inicial do material e a produção de produtos de grande porte, como chapas grossas e perfis estruturais. A alta temperatura facilita a deformação do metal, permitindo grandes reduções de espessura e a eliminação de imperfeições internas, como porosidade (Barbosa, 2019).

2.1.3 Linha de Inspeção

A linha de inspeção constitui uma etapa nevrálgica na usina siderúrgica, onde os produtos laminados são submetidos a um rigoroso controle de qualidade. Nesta fase, as barras de aço são inspecionadas para assegurar o atendimento integral aos padrões dimensionais, propriedades mecânicas e requisitos de acabamento superficial exigidos pelos clientes e pelas normas técnicas.

Para garantir essa conformidade, a linha emprega tecnologias avançadas de inspeção automatizada, como Ensaio Não Destrutivo (END) — a exemplo da inspeção por ultrassom ou partículas magnéticas. Esses sistemas são cruciais para detectar defeitos e irregularidades, assegurando a integridade e a qualidade final do produto (SILVA, 2020; FERNANDES e ABREU, 2021).

O fluxo da linha de inspeção é composto por uma sequência de equipamentos integrados, onde cada componente desempenha um papel específico. O processo frequentemente inclui mesas de rolos para transporte, sistemas de medição a laser, a endireitadeira (objeto deste estudo) para correção geométrica, e as estações de inspeção final, garantindo a avaliação e o aprimoramento dos produtos siderúrgicos (JOHNSO e LEE, 2019).

2.1.3.1 Endireitadeira

A endireitadeira é um equipamento essencial no fluxo produtivo, projetado especificamente para corrigir deformações e desvios geométricos nas barras de aço. Após o intenso processo de laminação, é comum que as barras apresentem desalinhamentos ou curvaturas, resultado das tensões térmicas e mecânicas (GARCIA e LIMA, 2018).

A função principal deste equipamento é, portanto, restaurar a retidão e a precisão dimensional do material. Conforme aponta Schneider (2022), ao garantir que as barras atendam rigorosamente aos padrões de qualidade e às normas técnicas exigidas, a endireitadeira as prepara adequadamente para as etapas subsequentes de inspeção detalhada e embalagem.

2.1.3.2 END (Ensaio Não Destrutivos)

O END (Ensaio Não Destrutivo) compreende um conjunto de técnicas de inspeção empregadas para avaliar a integridade, as propriedades e a conformidade dos produtos siderúrgicos sem comprometer sua estrutura ou funcionalidade futura (SMITH, 2019). O objetivo principal é, portanto, detectar descontinuidades internas e superficiais sem causar dano à peça inspecionada.

Nesta etapa de inspeção, o ultrassom (US) destaca-se como uma das metodologias mais críticas. Ele é altamente eficaz na detecção de defeitos volumétricos (internos), como vazios ou inclusões, que não seriam visíveis na superfície. A técnica opera emitindo pulsos sonoros de alta frequência no material e analisando os ecos que retornam, permitindo "mapear" o interior da barra de aço e identificar falhas com precisão (PETROVIC e KOVALEV, 2020).

Além do ultrassom, outros métodos são aplicados de forma complementar para garantir a integridade superficial. As partículas magnéticas (PM) e os líquidos penetrantes (LP), por exemplo, são amplamente utilizados para a identificação precisa de falhas e trincas superficiais. A aplicação rigorosa do END, combinando a capacidade de inspeção interna do ultrassom com a análise de superfície dos demais métodos, é crucial para assegurar que as barras de aço atendam aos mais estritos critérios de qualidade e segurança (SMITH, 2019). Essa análise visa validar

a integridade estrutural do material antes que os produtos sejam expedidos aos clientes.

2.2 GESTÃO DA PRODUÇÃO E MELHORIA CONTÍNUA

2.2.1 Fundamentos da Produção Enxuta (*Lean Manufacturing*)

A Produção Enxuta, ou *Lean Manufacturing*, surgiu no Japão, principalmente na indústria automobilística da (*Toyota*), como uma abordagem sistemática para reduzir desperdícios e otimizar processos produtivos (WOMACK; JONES; ROOS, 2007). O conceito central do *Lean* consiste em identificar e eliminar atividades que não agregam valor ao produto final, promovendo maior eficiência operacional, redução de custos e melhoria da qualidade.

Entre os princípios fundamentais da Produção Enxuta destacam-se: valor definido pelo cliente, fluxo contínuo, produção puxada e perfeição. A definição clara do valor permite que a empresa foque suas atividades naquilo que realmente importa para o cliente, enquanto o fluxo contínuo busca minimizar interrupções e gargalos na produção. A produção puxada, por sua vez, visa produzir apenas o que é demandado, evitando estoques excessivos e desperdícios de recursos (ROTHER e SHOOK, 2003).

A identificação correta dessas perdas é o primeiro passo para a melhoria contínua (Figura 1). Bonatto et al. (2014) destacam oito categorias principais de desperdícios, que expandem a lista clássica dos sete desperdícios originalmente identificados por Taiichi Ohno no Sistema Toyota de Produção:

1. Superprodução: Produzir mais do que o necessário, antes da hora ou em volumes que não atendem à demanda imediata, gerando estoques e consumindo recursos desnecessariamente.
2. Espera: O tempo ocioso gerado por gargalos, falta de matéria-prima, disponibilidade de maquinário ou espera por informações, resultando em atrasos no fluxo produtivo.
3. Transporte: Qualquer movimentação de peças, matéria-prima ou produtos semi-acabados que não seja estritamente necessária para a agregação de valor.

4. Superprocessamento: Etapas do processo que são desnecessárias, redundantes ou mais complexas do que o cliente exige, ou seja, que não agregam valor perceptível ao produto.
5. Estoque: O excesso de produtos, materiais, peças e informações que ficam parados, aguardando processamento, ocupando espaço e empatando capital.
6. Deslocamento: A movimentação desnecessária de pessoas (operadores) dentro da fábrica, como para buscar ferramentas, materiais ou informações.
7. Defeito (ou Retrabalho): Perdas de materiais e produtos ocasionadas por deficiências no processo produtivo, que exigem correção ou descarte.
8. Intelectual (ou Habilidade): O não aproveitamento do capital humano, ou seja, a subutilização do conhecimento, criatividade e habilidades dos colaboradores (LIKER, 2004; BONATTO et al., 2014).

Figura 1 - Desperdícios Produção Enxuta



Fonte: Adaptado de Duque (2022).

2.2.2 Metodologia *Kaizen*

O *Kaizen* é um conceito central na filosofia *Lean* e pode ser traduzido do japonês como "mudança para melhor" ou, mais comumente, como "melhoria contínua". Diferente de melhorias drásticas baseadas em grandes investimentos conhecidos como *Kaikaku*, o *Kaizen* é uma abordagem cultural que foca em mudanças incrementais e de baixo custo, aplicadas de forma consistente ao longo do tempo. Conforme definido por Imai (1997), o *Kaizen* é uma mentalidade que deve envolver todos os membros da organização, desde a alta administração até os operadores da linha de frente.

Historicamente, o *Kaizen* é um dos pilares fundamentais do Sistema Toyota de Produção (TPS), onde a busca pela eliminação de desperdícios (*Muda*) e a padronização dos processos são responsabilidades diárias de toda a equipe (LIKER, 2004). A filosofia parte do princípio de que nenhum processo é perfeito e que sempre há oportunidade para aprimoramento.

No contexto prático da gestão, o *Kaizen* se materializa frequentemente através do "Evento *Kaizen*" (também conhecido como *Kaizen Blitz*). Trata-se de uma metodologia de ação rápida e focada, geralmente com duração de três a cinco dias, onde uma equipe multifuncional se dedica intensamente a analisar um processo, identificar gargalos e implementar soluções imediatas em uma área específica (BRUNET; NEGRÃO, 2012).

Essa abordagem estruturada utiliza o ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) de forma acelerada para testar hipóteses e validar melhorias. O Evento *Kaizen* é, portanto, uma ferramenta poderosa para sustentar a cultura de melhoria, sendo essencial para otimizar os padrões de trabalho estabelecidos por outras ferramentas *Lean*, como o 5S e o SMED (DENNIS, 2007).

2.2.3 *Single-Minute Exchange of Die* (SMED)

Preparar um equipamento para a próxima ordem de produção envolve uma série de tarefas críticas, como regulagens de ferramentas e checagens de qualidade, conhecida como *setup*. O problema reside no fato de que, sem um

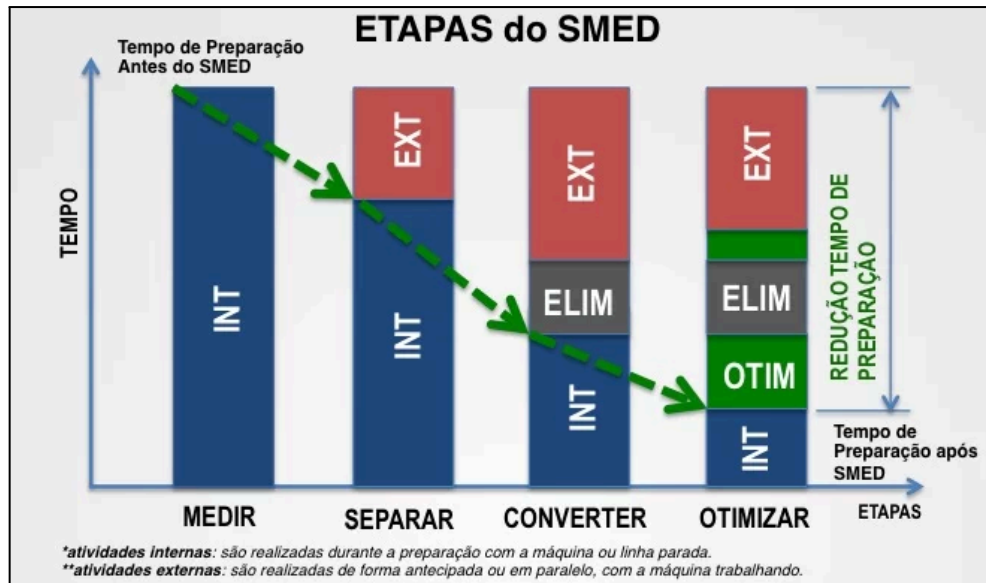
padrão definido, esse intervalo se torna um gargalo, gerando paradas excessivas que derrubam a eficiência operacional.

O SMED, ou Troca Rápida de Ferramentas, é uma metodologia desenvolvida por Shigeo Shingo para reduzir significativamente o tempo de setup em processos produtivos, permitindo maior flexibilidade e aumento da eficiência operacional (SHINGO, 1996). O objetivo central do SMED é diminuir o tempo de troca de equipamentos ou ferramentas para menos de dez minutos, de forma a minimizar o tempo de inatividade das máquinas e reduzir desperdícios associados à parada produtiva (Figura 2).

A metodologia se baseia na distinção entre atividades internas, que só podem ser realizadas com a máquina parada, e atividades externas, que podem ser realizadas com o equipamento em operação. A reclassificação de tarefas internas para externas, aliada à padronização de procedimentos e simplificação de operações, permite reduzir drasticamente o tempo total de *setup* (BALLE et al., 2007).

Além da redução do tempo de *setup*, a implementação do SMED promove ganhos indiretos, como melhoria da qualidade, maior disponibilidade dos equipamentos e aumento da capacidade de produção sem necessidade de investimentos adicionais em maquinário. Em indústrias siderúrgicas, onde a variabilidade de bitolas e produtos é grande, o SMED se mostra especialmente relevante, garantindo maior agilidade na linha de produção e otimizando indicadores de desempenho, como o OEE.

Figura 2 - Fluxo de aplicação SMED.



Fonte: SMED, (2024).

2.2.4 5S

O 5S é uma metodologia de organização e gestão do ambiente de trabalho originada no Japão, que visa promover eficiência, qualidade e segurança por meio da padronização e da disciplina organizacional (IWAJUNGA, 2015). O termo "5S" refere-se a cinco palavras japonesas: *Seiri*, *Seiton*, *Seiso*, *Seiketsu* e *Shitsuke*, cada uma delas correspondendo a uma etapa prática para tornar o ambiente de trabalho mais funcional e produtivo:

- *Seiri* (Senso de Utilização): Consiste em separar o que é necessário do que é desnecessário. O objetivo é eliminar ferramentas, documentos ou materiais que não têm uso frequente, liberando espaço e facilitando o acesso ao que realmente importa. A implementação dessa fase contribui diretamente para a redução de tempo gasto na procura de itens.
- *Seiton* (Senso de Organização): Após a seleção, é a etapa de arrumar o que restou de forma lógica e eficiente. O princípio aqui é "um lugar para cada coisa e cada coisa em seu lugar" (SLACK et al., 2009). Isso garante que o fluxo de trabalho seja mais fluido e que os materiais estejam sempre ao alcance, minimizando movimentos e esforços desnecessários.

- *Seiso* (Senso de Limpeza): Mais do que apenas limpar, esta fase envolve a inspeção. Limpar se torna um ato de verificar as condições dos equipamentos e do espaço, identificando possíveis problemas ou fontes de sujeira. A prática regular de limpeza torna a manutenção mais fácil e contribui para a identificação precoce de falhas.
- *Seiketsu* (Senso de Padronização): Nesta etapa, as três primeiras fases são documentadas e padronizadas. O objetivo é criar rotinas e procedimentos visuais para que todos no ambiente de trabalho sigam as mesmas regras. A padronização assegura que os ganhos de organização e limpeza sejam mantidos a longo prazo.
- *Shitsuke* (Senso de Disciplina): Considerada a fase mais difícil, o Senso de Disciplina é o compromisso de manter o 5S como um hábito diário. É a sustentação do programa. Ele promove uma cultura de melhoria contínua, onde os princípios são internalizados por todos os membros da equipe (LIKER e MEIER, 2007).

A implementação do 5S é considerada fundamental para a melhoria contínua e para a criação de condições propícias à aplicação de outras ferramentas de gestão da qualidade, como *Kaizen* e SMED. Entre os benefícios do 5S, destacam-se a redução de desperdícios, o aumento da produtividade, a diminuição de acidentes de trabalho e a facilitação da identificação de problemas operacionais (SILVA e CARVALHO, 2018).

2.3 INDICADOR DE DESEMPENHO OPERACIONAL OEE

O *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), ou Eficiência Global dos Equipamentos, é um indicador-chave de desempenho amplamente utilizado em ambientes industriais para mensurar a produtividade e a eficiência dos ativos produtivos. Desenvolvido no contexto do *Total Productive Maintenance* (TPM), o OEE busca avaliar, de forma objetiva, o quanto um equipamento está sendo utilizado em relação ao seu potencial máximo (NAKAJIMA, 1988).

Esse indicador é estruturado a partir de três dimensões fundamentais: **Disponibilidade**, que mede o tempo efetivo de operação em relação ao tempo programado; **Performance**, que avalia a velocidade de produção real em comparação com a velocidade ideal; e **Qualidade**, que verifica a proporção de

produtos conformes em relação ao total produzido (HANSEN, 2002). O produto dessas três variáveis resulta no valor do OEE, geralmente expresso em porcentagem.

Na prática industrial, o OEE é considerado uma métrica estratégica para identificar perdas, gargalos e oportunidades de melhoria. De acordo com Muchiri e Pintelon (2008), a análise do OEE fornece subsídios para tomadas de decisão que visam à redução de paradas, ao aumento da produtividade e à melhoria da qualidade dos processos. Em setores de alta complexidade, como a siderurgia, o uso do OEE é essencial para garantir maior controle sobre os processos produtivos, otimizando recursos e elevando a competitividade organizacional.

2.3.1 Disponibilidade

A disponibilidade mede a proporção do tempo em que o equipamento estava realmente em operação, em comparação com o tempo total de produção planejado. As perdas de disponibilidade incluem paradas não planejadas (quebras, falhas) e paradas planejadas (trocas de ferramentas, *setup*), Equação 1.

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo de Operação}}{\text{Tempo de Produção Planejado}} \quad (1)$$

Onde:

- Tempo de Operação é o tempo total planejado de produção menos o tempo de paradas.
- Tempo de Produção Planejado é o período em que o equipamento deveria estar funcionando.

2.3.2 Performance

A Performance avalia a velocidade com que o equipamento operou durante o tempo em que esteve disponível. Ela compara a quantidade de itens produzidos com a quantidade que poderia ter sido produzida na velocidade nominal máxima da máquina. As perdas de performance estão relacionadas à operação em velocidade reduzida, pequenas paradas e ciclos curtos, Equação 2.

$$Performance = \frac{Produção Real}{Produção Ideal} \quad 2)$$

Onde:

- Produção Real é o número total de peças produzidas.
- Produção Ideal é o número de peças que seriam produzidas no tempo de operação, se o equipamento estivesse rodando na velocidade nominal.

2.3.3 Qualidade

A Qualidade mede a porcentagem de produtos fabricados que estão em conformidade com as especificações, ou seja, sem defeitos. As perdas de qualidade incluem itens defeituosos e que necessitam de retrabalho, refletindo ineficiências no processo que resultam em desperdício de matéria-prima e tempo, Equação 3.

$$Qualidade = \frac{Produção de peças boas}{Total de peças} \quad 1)$$

Onde:

- Peças Boas é o número de peças produzidas sem defeitos.
- Produção Real é o número total de peças produzidas.

A multiplicação desses três fatores Disponibilidade, Performance e Qualidade resulta no valor do OEE, fornecendo uma métrica única e poderosa para avaliar a saúde da produção e direcionar esforços de melhoria.

3 METODOLOGIA

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada para a realização deste projeto, que se baseou no Evento *Kaizen*. Conforme ilustrado na Figura 3, o método foi aplicado em todas as suas fases, abrangendo o ciclo completo desde a identificação do problema até a padronização e o monitoramento das melhorias implementadas.

A metodologia do Evento *Kaizen* foi dividida em três etapas principais:

1. *Pré-Kaizen*: Nesta fase inicial, foi realizada a análise detalhada do problema, seguida pelo planejamento e pela definição do escopo do projeto, estabelecendo assim os objetivos a serem alcançados.
2. *Kaizen*: Esta etapa central consistiu na implementação das ações de melhoria e na execução das soluções propostas pela equipe.
3. *Pós-Kaizen*: Por fim, a fase de pós-implementação foi dedicada à padronização dos processos e à criação de um sistema de acompanhamento contínuo.

Figura 3 - Metodologia e etapas do *Kaizen*.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

O processo de *setup* da endireiteira representa uma etapa essencial para assegurar que o equipamento esteja devidamente ajustado à bitola da barra a ser

endireitada e inspecionada. Tal procedimento compreende a realização de ajustes simétricos nas regiões frontal e traseira da máquina, visando otimizar seu desempenho operacional. Ressalta-se que cada ajuste realizado deve ser executado em ambas as extremidades da endireitadeira.

Inicialmente, o operador utiliza uma chave para remover o postigo, componente indispensável ao processo. Esses dispositivos estão associados a diferentes faixas de bitola e, portanto, sua substituição deve ocorrer conforme as especificações da barra a ser processada. Após a troca, o novo postigo é fixado novamente por meio de aperto, garantindo estabilidade e segurança durante a operação.

Em seguida, procede-se ao afrouxamento dos parafusos da mesa guia, elemento fundamental para assegurar o direcionamento adequado das barras ao longo do endireitamento. Os ajustes nessa mesa são necessários para que sua configuração esteja compatível com a bitola da barra em questão.

Posteriormente, realizam-se ajustes complementares por meio de um painel elétrico, localizado a certa distância da mesa guia. Nesse processo, cada modificação é acompanhada por medições de verificação, de modo a garantir a precisão do alinhamento. Quando identificadas inconsistências, torna-se necessária a repetição do procedimento até que o ajuste seja considerado satisfatório.

Após a conclusão de todas as etapas, o operador conduz uma fase de testes, na qual cinco barras são processadas pelo equipamento. Essa etapa final tem como objetivo confirmar a adequação dos ajustes efetuados, assegurando que a endireitadeira esteja apta a operar de forma eficiente, em conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos.

3.1 Pré-Kaizen

O ponto de partida do estudo foi a análise do processo produtivo e dos indicadores de gestão da Linha de Inspeção 4. Para identificar as principais causas de inatividade da linha em 2022, foi elaborado um Gráfico de Pareto. A análise do gráfico revelou uma duplicidade nos registros: as paradas por "Ajuste na

Endireitadeira" e "Ajuste Operacional" eram, na prática, frequentemente associadas à mesma atividade (a troca de bitola).

Essa redundância nos apontamentos compromete a confiabilidade dos dados. Por isso, foi conduzida uma cronoanálise para validar a duração real das paradas de *setup* e assegurar a coerência dos dados relatados pelos operadores. Após essa validação, que confirmou os achados do Pareto, concluiu-se que o foco do projeto seria a redução do tempo de *setup* da endireitadeira.

Na fase de preparação, realizou-se o mapeamento das pessoas envolvidas, considerando suas competências técnicas e experiências práticas. Dessa forma, estruturou-se o time *Kaizen*, composto pelo líder (autor deste trabalho), dois facilitadores administrativos, um técnico de manutenção mecânica, um técnico de manutenção elétrica, três operadores da endireitadeira e dois prestadores de serviço da área de caldeiraria.

3.1.1 Estruturação da aplicação do SMED

A primeira etapa do SMED (Observar) consistiu no mapeamento detalhado do processo de *setup*. Foram realizadas filmagens de seis trocas de bitola, cobrindo três operadores diferentes para capturar variações no método de trabalho. A análise das gravações permitiu a decomposição do *setup* em atividades elementares e a mensuração precisa dos tempos de cada uma.

Na segunda etapa (Separar), com base no mapeamento, foi feita a distinção fundamental da metodologia: classificar cada atividade como interna (executada com a máquina parada) ou externa (executável com a máquina em operação). Esta análise revelou o potencial de melhoria, identificando atividades internas que poderiam ser convertidas em externas.

A terceira etapa (Converter) foi conduzida através de uma sessão de *brainstorming* com a equipe operacional. O foco foi gerar soluções práticas e de baixo custo para efetivar a conversão das atividades internas em externas, além de levantar outras oportunidades para otimizar as atividades internas restantes.

Finalmente, na quarta etapa (Otimizar/Padronizar), as soluções foram consolidadas em um plano de ação. O plano priorizou melhorias de fácil

implementação, incluindo a organização da área de trabalho via 5S, ajustes no *layout* e a padronização de tarefas simples que impactavam o tempo total da parada.

3.1.2 Semana do evento *Kaizen*

Ao longo de três dias, foram desenvolvidas ações voltadas para a consolidação do evento *Kaizen*. As atividades, organizadas e coordenadas com planejamento prévio pelo autor deste estudo, contaram com o envolvimento de uma equipe multidisciplinar composta por profissionais das áreas de produção e melhoria contínua.

Ao final de cada dia de trabalho, realizou-se uma análise das atividades concluídas e uma atualização do plano de ação. Simultaneamente, foram reservados intervalos específicos para atender solicitações de apoio e necessidades de recursos extras, assegurando maior eficiência e continuidade ao processo de melhoria.

3.1.3 Pós *Kaizen*

Ao final do evento, foi promovida uma reunião de encerramento com a participação da equipe *Kaizen* e da liderança da área, visando à apresentação dos resultados alcançados. Nesse contexto, desenvolveu-se uma instrução operacional referente ao Trabalho Padronizado, que especifica os tempos de execução e a metodologia a ser seguida em cada etapa do setup.

Esse documento, aliado ao plano de ação, foi incorporado ao sistema de gestão da empresa e disseminado por meio de treinamentos voltados a todos os turnos operacionais. A padronização implementada assegurou que os *setups* fossem realizados conforme os parâmetros definidos durante o evento, consolidando os ganhos obtidos pelo projeto.

Além disso, foram estabelecidas ações de monitoramento conduzidas pela liderança da área, com o objetivo de verificar a conformidade dos operadores em relação às práticas padronizadas. Esse acompanhamento inclui a análise de novas oportunidades de melhoria e a avaliação da eficácia das medidas implantadas após o evento.

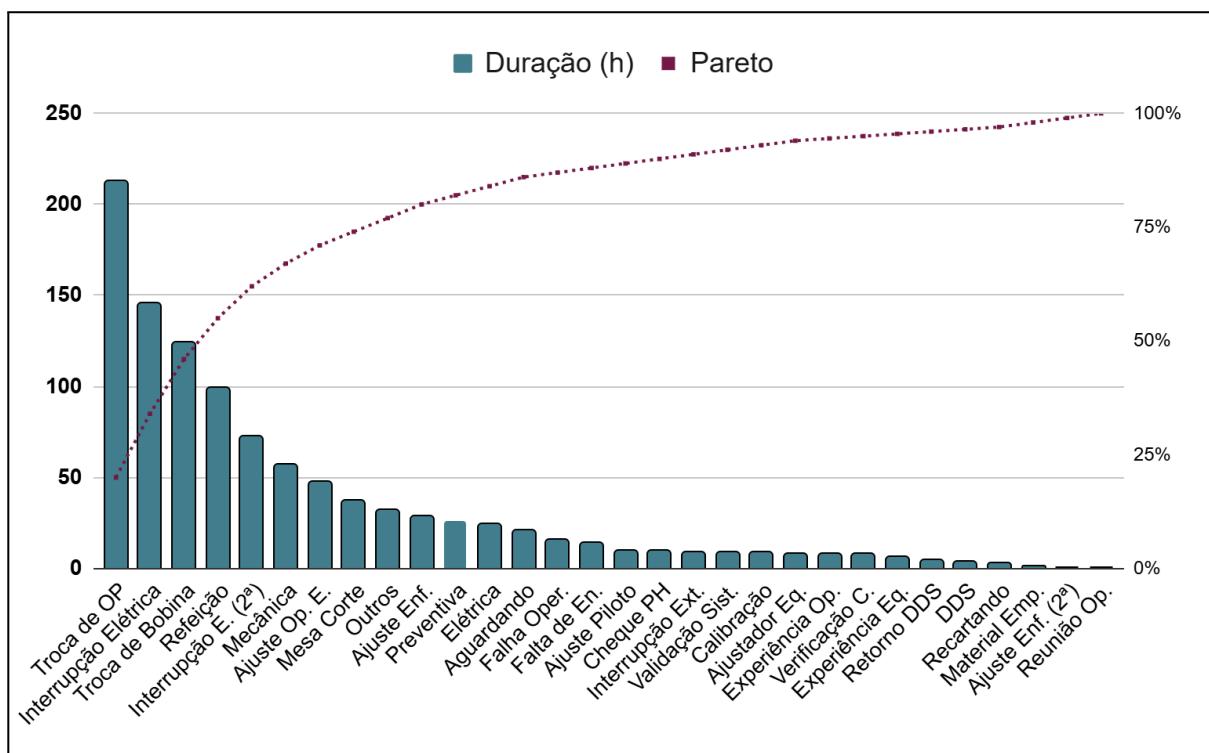
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Apresentam-se, a seguir, os resultados alcançados após a execução do Evento *Kaizen*, onde a metodologia SMED foi aplicada à endireitadeira da linha de inspeção. A análise foca no tratamento dos dados coletados antes e depois das melhorias, de modo a quantificar o impacto das ações na redução do tempo de setup e no incremento da eficiência operacional da linha.

4.1 Prè *Kaizen*

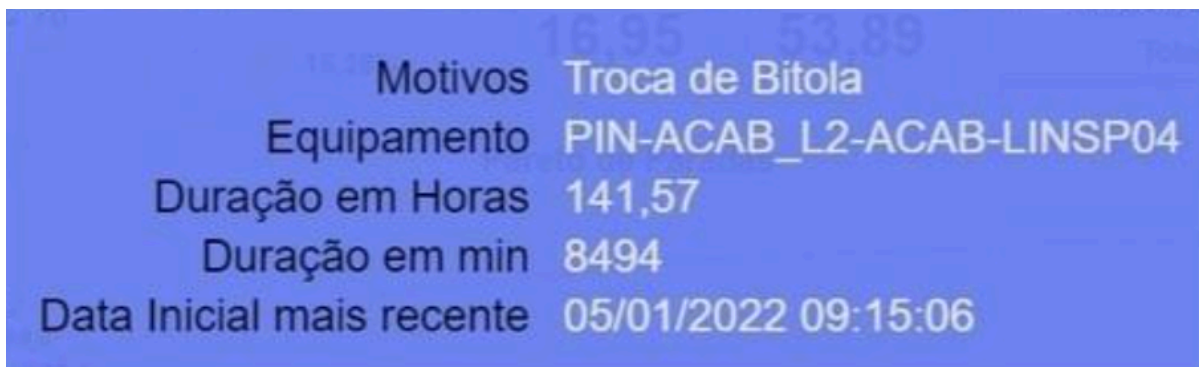
A etapa inicial do estudo exigiu uma análise do processo produtivo da Linha de Inspeção 4, compreendendo suas atividades e os indicadores de decisão da área. Para identificar as causas de inatividade da linha em 2022, são analisados dois gráficos principais: primeiro, o Gráfico de Pareto (Gráfico 1), onde é mostrada a composição geral das paradas da operação; e, em seguida, na Figura 4, onde é detalhado o tempo de parada específico causado pelo *setup* (troca de bitola) no mesmo período.

Gráfico 1 - Gráfico de Pareto Linha 4.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Figura 4 - Paradas por troca de bitola da linha de inspeção em 2022.



Motivos	Troca de Bitola
Equipamento	PIN-ACAB_L2-ACAB-LINSP04
Duração em Horas	141,57
Duração em min	8494
Data Inicial mais recente	05/01/2022 09:15:06

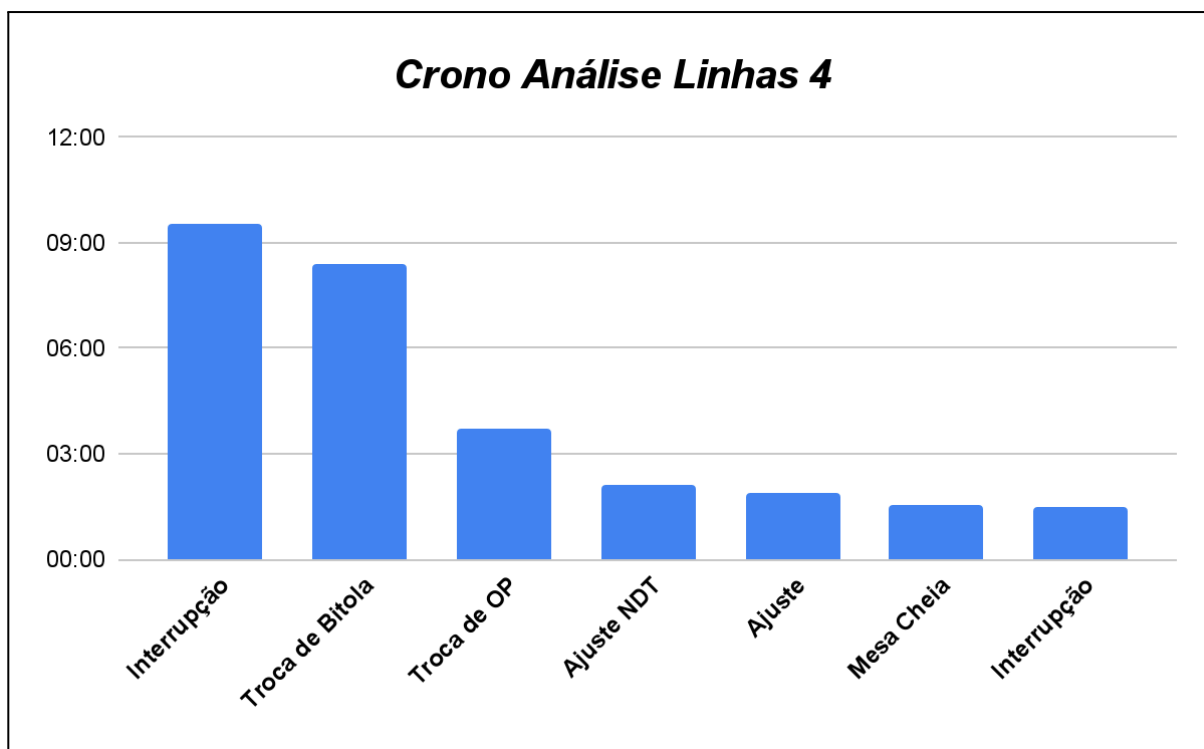
Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

A análise dos gráficos possibilitou concluir que, do total de 1.675 horas de paradas registradas ao longo de 2022, 141 horas estiveram diretamente relacionadas à troca de bitola, correspondendo a aproximadamente 9% do total. Embora essa porcentagem seja relativamente pequena, a ocorrência se destaca por representar uma das principais causas de interrupção da linha de inspeção em termos de frequência.

Adicionalmente, a avaliação do gráfico evidenciou uma duplicidade nos registros de paradas, especificamente nos apontamentos referentes a ajustes na Endireitadeira e a ajustes operacionais, ambos frequentemente vinculados às trocas de bitola. Tal redundância compromete a clareza e a confiabilidade das informações levantadas.

Com o intuito de assegurar a consistência dos registros realizados pelos colaboradores da área e aprofundar a análise das principais paradas associadas ao *setup*, foi conduzido um estudo de cronoanálise, o qual corroborou os resultados obtidos por meio do Gráfico de Pareto, conforme demonstrado no Gráfico 2.

Gráfico 2 - Resultado da cronoanálise.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

4.1.1 Planejamento e Constituição do Time *Kaizen*

A constituição do time *Kaizen* marcou o início desta fase do projeto, estruturado de forma estratégica com profissionais possuidores de habilidades específicas. A equipe multidisciplinar, composta por colaboradores de diferentes áreas de conhecimento, desempenhou papel essencial na implementação da metodologia SMED.

Com a equipe definida, iniciou-se a aplicação da ferramenta SMED, seguindo seus quatro estágios distintos. Tais etapas têm por objetivo identificar e categorizar as atividades relacionadas ao *setup*, permitindo uma análise detalhada de cada fase do processo. A utilização da metodologia neste contexto visou aprimorar a eficiência operacional, promovendo a redução do tempo de *setup* na endireitadeira da linha de inspeção de barras de aço. Essa fase foi crucial para o desenvolvimento de estratégias específicas e direcionadas à melhoria contínua do processo.

4.1.2 Execução do SMED

Os resultados obtidos nesta etapa demonstraram grande relevância para a compreensão e otimização do processo de *setup*. A análise detalhada de seis *setups*, executados por três operadores distintos e documentados por meio de

gravações em vídeo, possibilitou o mapeamento preciso de todas as atividades envolvidas, incluindo o tempo dedicado a cada uma delas.

Com base nesse mapeamento, avançou-se para o segundo estágio do SMED, que consistiu na distinção entre atividades internas realizadas com o equipamento parado e atividades externas, executáveis com o equipamento em operação. Essa classificação permitiu identificar atividades internas passíveis de conversão em externas, contribuindo significativamente para a redução do tempo de inatividade da endireitadeira durante o *setup*, ao todo, foram mapeadas 47 atividades, sendo 40 internas e 7 externas.

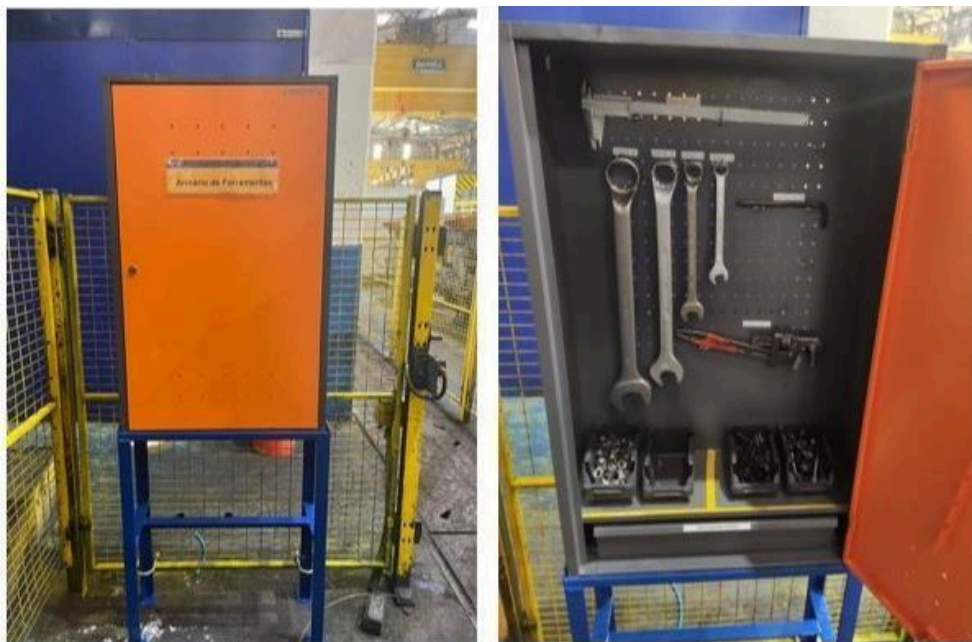
4.1.3 Desenvolvimento do Plano de Ação

A realização de uma reunião de *brainstorming* pela equipe foi essencial para a geração de ideias práticas, voltadas à reclassificação de atividades e à identificação de oportunidades de melhoria. As sugestões levantadas foram sistematicamente incorporadas ao plano de ação, fundamentado nas oportunidades previamente mapeadas. Entre as medidas propostas destacam-se: modificações em atividades simples e de baixo custo, ajustes no *layout* do posto de trabalho e a implementação dos princípios do 5S.

As ações implementadas foram estrategicamente direcionadas à otimização das quatro atividades com maior potencial de impacto no processo de *setup* da endireitadeira. Considerando que o *setup* deve ser realizado de forma simétrica nas extremidades frontal e traseira da máquina, identificou-se uma oportunidade de melhoria relacionada à localização das ferramentas e insumos. Observou-se que, apesar da execução do *setup* em ambas as extremidades, os recursos essenciais estavam concentrados na parte frontal, obrigando os operadores a se deslocarem até essa região quando atuavam na parte traseira, o que gerava perda de tempo e reduzia a eficiência operacional do processo.

Para mitigar esse problema, implementou-se uma solução eficaz, consistente na instalação de um armário contendo as principais ferramentas na extremidade traseira da endireitadeira, conforme ilustrado na Figura 5. Além disso, foi confeccionado um suporte para os postigos (Figura 6).

Figura 5 - Armário de ferramentas



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Figura 6 - Suporte dos postigos



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

4.1.3.1 Intervenções e Otimizações Implementadas

A execução do plano de ação focou em eliminar desperdícios de movimento e tempo no *setup*. A primeira iniciativa buscou equilibrar a disponibilidade de recursos essenciais (como ferramentas e insumos) entre as extremidades frontal e traseira da endireitadeira. Isso eliminou a necessidade de deslocamentos constantes dos operadores, otimizando a eficiência do procedimento e reduzindo o tempo perdido na busca por materiais.

Em seguida, foi abordada a demora na troca dos "postigos", uma etapa onde os operadores perdiam tempo considerável. A solução foi simples e direta: implementou-se o uso de parafusadeiras a bateria, que utilizaram significativamente o processo de desparafusar e parafusar.

Paralelamente, foi desenvolvida uma melhoria ergonômica para as operações de aperto e soltura dos parafusos da mesa guia, que demandam esforço físico e consumiam tempo. A equipe de manutenção projetou um sistema baseado em tubulações e parafusos hidráulicos, facilitando os ajustes e tornando a execução mais eficiente.

Por fim, foi solucionado um dos principais pontos críticos: o tempo gasto pelo operador no ajuste da mesa guia. A distância entre o painel de controle e a mesa exigia deslocamentos contínuos para medição. Para otimizar isso, foram criados calços padronizados, correspondentes aos tamanhos de cada faixa de bitola (Figura 7). Agora, o operador apenas insere o calço no suporte e realiza o ajuste até sentir a resistência, indicando o ponto ideal sem a necessidade de medições repetitivas.

Figura 7 - Organização dos calços.



4.1.3.2 Resultados das Intervenções e Aprimoramentos

Essa solução dos calços padronizados eliminou, de fato, as perdas decorrentes dos deslocamentos frequentes do operador entre a máquina e o painel de controle. O ajuste da mesa guia tornou-se mais preciso e ágil, permitindo ao operador realizar o ajuste necessário até atingir o ponto de resistência indicado pelo calço da bitola em uso. Essa implementação simplificou o processo e otimizou significativamente o tempo gasto nesta etapa.

Complementando essas melhorias diretas no setup, também foram adotadas ações de aprimoramento indireto, aplicando os princípios do 5S. Um exemplo significativo foi a padronização do armário de ferramentas localizado na extremidade frontal da endireitadeira, conforme ilustrado nas Figuras 8 e 9.

Figura 8 - Organização do armário de ferramentas.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

Figura 9 - Aplicação do 5s no armário de ferramentas.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2024).

4.1.3.3 Resultado do Evento Kaizen

A aplicação desses princípios do 5S resultou em melhorias diretas na organização das ferramentas e materiais de *setup*. A criação de áreas específicas, a eliminação de itens desnecessários e a padronização dos locais de armazenamento complementam as mudanças no processo, gerando impactos positivos na produtividade, segurança e na qualidade geral do trabalho na linha de inspeção.

A execução do Evento *Kaizen*, combinando o SMED e o 5S, gerou resultados significativos para a eficiência operacional da linha de inspeção, conforme detalhado a seguir.

O principal indicador do projeto, o tempo de *setup* da endireitadeira, apresentou a redução mais expressiva. O processo, que antes demandava 37 minutos, passou a ser executado em 17 minutos. Isso representa uma diminuição de 54%, superando a meta inicial de 50% e elevando a eficiência da operação.

Como consequência, a disponibilidade da linha de inspeção aumentou de 80,75% para 83,17%. Esse ganho, somado às melhorias de performance, contribuiu para o aumento do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), que evoluiu de uma média de 16% para 25%, refletindo uma melhoria global na eficiência da linha.

A redução do tempo de parada impactou também a produtividade, permitindo que a linha atingisse suas metas de forma mais consistente e previsível, alinhando a

operação ao Planejamento e Controle da Produção (PCP), gerando um ganho estimado de quase R\$500.000,00 por ano.

Por fim, um aspecto fundamental do evento foi o engajamento da equipe. A participação ativa dos colaboradores na implementação das melhorias promoveu a cultura de melhoria contínua, incentivando uma mentalidade voltada à identificação de novas oportunidades de aprimoramento.

4.1.3.4 Pós-Kaizen

Para garantir a sustentabilidade das melhorias, foi estabelecido um novo trabalho padronizado. Esse documento fornece diretrizes claras para a execução do *setup* conforme o método otimizado, servindo como um guia para garantir a consistência e a manutenção da eficiência alcançada.

5 CONCLUSÃO

Este trabalho se propôs a reduzir o tempo de paradas programadas na Linha de Inspeção 4, que apresentava elevados índices de inatividade e falta de padronização no *setup*. A implementação bem-sucedida das ferramentas *Kaizen*, SMED e 5S validou a eficácia da abordagem, atingindo e superando a meta de redução do tempo de troca de bitola.

Os resultados demonstram que o objetivo principal foi alcançado. A expressiva redução do tempo de *setup*, de 37 para 17 minutos, foi convertida diretamente em ganhos de disponibilidade e em um aumento significativo do OEE, de 16% para 25%. Isso comprova que o tempo de inatividade foi transformado em capacidade produtiva, solucionando o problema central que motivou o projeto.

Além das métricas de eficiência, o projeto gerou um impacto relevante na dimensão humana e cultural. O engajamento da equipe operacional revelou-se um fator determinante para o sucesso, fortalecendo a cultura de melhoria contínua na área e demonstrando a importância de envolver os colaboradores na solução de problemas.

Em síntese, o estudo demonstrou que a aplicação de metodologias *Lean* estruturadas foi capaz de otimizar o processo, é mais do que isso, consolidou a busca por eficiência e qualidade como um pilar da operação, servindo de base para futuros projetos de aprimoramento.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. C. **Tecnologia de conformação mecânica**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2019.
- BRUNET, A. P.; NEGRÃO, C. **Manual de kaizen: a bíblia da melhoria contínua**. São Paulo: Editora Lean, 2012.
- COSTA, P. R. **Sustentabilidade e economia na siderurgia semi-integrada**. São Paulo: Editora Atlas, 2018.
- DENNIS, P. **Fazendo o lean acontecer: guia prático**. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- DUQUE, J. **Los ocho desperdicios en lean**. Castor Transformação Digital, 8 feb. 2022. Disponível em: <https://castor.com.co/los-ocho-desperdicios-en-lean/>. Acesso em: 1 nov. 2025.
- FERNANDES, R. J.; ABREU, T. **Automação e controle de qualidade em processos siderúrgicos**. São Paulo: Editora Metalurgia, 2021.
- GARCIA, F. M.; LIMA, P. S. **Processos de conformação mecânica: laminação e endireitamento**. Rio de Janeiro: Editora Técnica, 2018.
- IMAI, M. **Kaizen: a estratégia para o sucesso competitivo**. 5. ed. São Paulo: IMAM, 1997.
- IWAJUNGA, Y. **5S: a japanese approach to workplace organization**. Tokyo: Productivity Press, 2015.
- JOHNSON, M. A.; LEE, S. Advancements in non-destructive testing for steel products. **Journal of Materials Engineering**, [S.l.], v. 45, n. 2, p. 112-128, 2019.
- LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo**. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- LIKER, J. K.; MEIER, J. K. **O modelo Toyota de manufatura: guia para a implementação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.
- MOURA, A. F. **O forno elétrico a arco na produção de aço**. Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2021.
- ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a ver o fluxo de valor**. Porto Alegre: Bookman, 2003.
- SCHNEIDER, K. Controle geométrico na produção de barras de aço longas. **Steel Research International**, [S.l.], v. 83, n. 4, p. 345-352, 2022.
- SILVA, R. M.; CARVALHO, P. R. **Gestão da qualidade e 5S: conceitos e aplicações**. São Paulo: Atlas, 2018.
- SLACK, N. *et al.* **Gestão da produção e de operações**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**: a história do lean production. Rio de Janeiro: Campus, 2007.