

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

MARIA CAROLINA RIUL PEGORARO

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING* PARA
REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP* EM UMA LINHA DE INSPEÇÃO DE BARRAS
DE AÇO**

**Ilha Solteira
2023**

MARIA CAROLINA RIUL PEGORARO

**APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DO *LEAN MANUFACTURING* PARA
REDUÇÃO DO TEMPO DE *SETUP* EM UMA LINHA DE INSPEÇÃO DE BARRAS
DE AÇO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Unesp como parte dos requisitos para obtenção do título de engenheira mecânica.

Prof.º Dr.º Amarildo Tabone Paschoalini
Orientador

FICHA CATALOGRÁFICA

Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P376a Pegoraro, Maria Carolina Riul.
Aplicação das ferramentas do lean manufacturing para redução do tempo de setup em uma linha de inspeção de barras de aço / Maria Carolina Riul Pegoraro. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2023
46 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 2023

Orientador: Amarildo Tabone Paschoalini

Inclui bibliografia

1. Lean manufacturing. 2. Evento Kaizen. 3. SMED. 4. Melhoria contínua.



Amanda Sertori dos Santos

Bibliotecária - CRB/8-9061
Seção Técnica de Referência, Atendimento ao
Usuário e Documentação
Diretoria Técnica de Biblioteca e Documentação

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ENGENHARIA – CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ATA DA DEFESA – TRABALHO DE GRADUAÇÃO

TÍTULO: APLICAÇÃO DAS FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING PARA
REDUÇÃO DO TEMPO DE SETUP EM UMA LINHA DE INSPEÇÃO DE BARRAS DE AÇO.

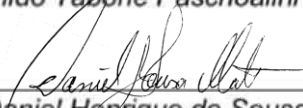
ALUNO: Maria Carolina Riul Pegoraro RA: 171050291

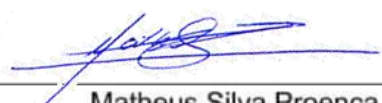
Orientador: Prof. Dr. Amarildo Tabone Paschoalini

Aprovado (X) – Reprovado () pela Comissão Examinadora

Comissão Examinadora:

Prof. 
Amarildo Tabone Paschoalini (Orientador)

Prof. 
Daniel Henrique de Sousa Obata

Prof. 
Matheus Silva Proença


Maria Carolina Riul Pegoraro

Ilha Solteira (SP), 21 de dezembro de 2023.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Fabiana Riul e Fábio Pegoraro, que fizeram sempre o melhor possível por minha educação. Agradeço também aos meus avós, que, junto aos meus pais, nunca mediram esforços por mim.

Agradeço ao meu namorado, Pedro Paulo, e a todos os meus amigos, por sempre me incentivarem.

Agradeço ao meu professor e orientador, Prof. Dr. Amarildo Tabone Paschoalini, que, com muito zelo, auxiliou-me na realização deste trabalho.

Por fim, ao meu orientador de estágio, Paulo Donato, que foi, além de um orientador, um professor e um amigo.

“Nada na vida deve ser temido, somente compreendido. Agora é hora de compreender mais para temer menos.”

Marie Curie

RESUMO

Este trabalho apresenta a aplicação do evento *Kaizen* com a ferramenta *SMED* em uma endireitadeira de uma linha de inspeção de barras de aço. A análise inicial identificou a troca de bitola como principal causa de inatividade. O projeto focou na redução do tempo de *setup*, implementando melhorias diretas nas atividades e introduzindo práticas do 5S. A criação de padrões operacionais e a reorganização do espaço resultaram em uma redução de 54% no tempo de *setup*, passando de 37 para 17 minutos, consolidando eficazmente as melhorias e fortalecendo a cultura de melhoria contínua na empresa.

Palavras-chave: *Lean Manufacturing*. Evento *Kaizen*. *SMED*. Melhoria contínua.

ABSTRACT

This work presents the application of the *Kaizen* event with the *SMED* tool on a straightening machine on a steel bar inspection line. The initial analysis agrees gauge change as the main cause of inactivity. The project focused on reducing configuration time, implementing direct improvements in activities and introducing 5S practices. The creation of operational standards and the reorganization of space resulted in a 54% reduction in configuration time, from 37 to 17 minutes, effectively consolidating improvements and strengthening the company's culture of continuous improvement.

Keywords: *Lean Manufacturing. Kaizen* event. *SMED*. Continuous improvement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Metodologia <i>SMED</i>	23
Figura 2	- Metodologia para realização do evento <i>Kaizen</i>	27
Figura 3	- Gráfico de Pareto - Paradas da linha de inspeção em 2022.....	31
Figura 4	- Gráfico de Pareto - Paradas por troca de bitola da linha de inspeção em 2022.....	32
Figura 5	- Resultados da cronoanálise.....	33
Figura 6	- Atividades internas e externas mapeadas.....	35
Figura 7	- Armário de ferramentas instalado na parte traseira da endireitadeira.....	36
Figura 8	- Suporte para postigos instalado na parte traseira da endireitadeira.....	37
Figura 9	- Calços utilizados no ajuste da mesa guia.....	38
Figura 10	- Melhoria de 5S realizada no armário de ferramentas.....	39
Figura 11	- Padronização e identificação do armário de ferramentas.....	40
Figura 12	- Demonstração de padrão de trabalho padronizado criado.....	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Os oito desperdícios do <i>Lean Manufacturing</i>	20
-----------------	---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO CENÁRIO	13
1.2	JUSTIFICATIVA DO PROJETO	14
1.3	OBJETIVO PRINCIPAL.....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	USINA SIDERÚRGICA.....	16
2.1.1	Aciaria	16
2.1.2	Laminação	16
2.1.3	Linha de Inspeção	17
2.1.3.1	<i>Endireitadeira</i>	17
2.1.3.2	<i>NDT (Non-Destructive Testing)</i>	17
2.1.3.3	<i>Posto de Recuperação</i>	18
2.1.3.4	<i>Embalagem</i>	18
2.1.3.5	<i>Inspeção Final</i>	18
2.2	METODOLOGIAS E FERRAMENTAS.....	18
2.2.1	<i>Lean Manufacturing</i>	18
2.2.2	<i>Kaizen</i>	21
2.2.3	<i>SMED</i>	22
2.2.4	5S	23
2.2.5	Gráfico de Pareto	24
2.2.6	Cronoanálise	24
2.2.7	Trabalho Padronizado	25
2.3	INDICADOR OEE	25
2.3.1	Disponibilidade	26
2.3.2	Performance	26
2.3.3	Qualidade	26
3	METODOLOGIA	27
3.1	DESCRIÇÃO DO PROCESSO ESTUDADO	27
3.2	PRÉ-KAIZEN	28
3.2.1	Identificação das Oportunidades de Melhoria	28
3.2.2	Planejamento e Preparação para o Evento	29

3.2.2.1	<i>Aplicação do SMED</i>	29
3.3	O EVENTO <i>KAIZEN</i>	30
3.4	PÓS- <i>KAIZEN</i>	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	PRÉ- <i>KAIZEN</i>	31
4.1.1	Identificação das Oportunidades de Melhoria	31
4.1.2	Planejamento e Preparação para o Evento	33
4.1.2.1	<i>Aplicação do SMED</i>	34
4.2	RESULTADO DO EVENTO	40
4.3	PÓS- <i>KAIZEN</i>	41
5	CONCLUSÃO	44
	REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

A diversidade significativa no *misto* de produtos em uma indústria siderúrgica de aços especiais exige que o processo de configuração em uma linha de inspeção de aço seja ágil diante de mudanças nas ordens de produção. Diante desse contexto, surgem oportunidades para ganhos e redução de desperdícios na produção, especialmente considerando a presença de dezenas de equipamentos ou postos de trabalho na planta, os quais passam por frequentes trocas de produto e, muitas vezes, operam em três turnos diários.

O *Lean Manufacturing*, também conhecido como Produção Enxuta, é uma filosofia de gestão e um sistema de produção que visa a maximização da eficiência, a eliminação de desperdícios e o aprimoramento contínuo dos processos industriais. Central para o *Lean* está o conceito de *Kaizen*, que se refere à melhoria contínua por meio de pequenas mudanças incrementais realizadas por todos os membros da equipe. Além disso, a ferramenta *SMED* (Single-Minute Exchange of Die) é amplamente utilizada no contexto *Lean* para reduzir o tempo de *setup* em máquinas e equipamentos, buscando diminuir os tempos de troca de ferramentas e configurações para aumentar a flexibilidade do processo e melhorar a produtividade.

Desta forma, o estudo se concentra em um projeto de aprimoramento voltado para a diminuição do tempo de *setup* em uma Endireitadeira, parte integrante de uma linha de inspeção de barras de aços especiais. A abordagem proposta se baseia na aplicação de ferramentas do *Lean Manufacturing*, incluindo *Kaizen*, *SMED* e 5S, objetivando maior disponibilidade da linha e melhor desempenho tanto das máquinas quanto das operações.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO CENÁRIO

O estudo foi realizado em uma empresa multinacional, atuante em mais de 10 países, que se destaca como pioneira no setor do aço na implementação de iniciativas de inovação digital, contando com mais de 30 mil colaboradores. Essa empresa brasileira é uma das principais fornecedoras de aços longos nas Américas e de aços especiais globalmente.

A unidade específica analisada está localizada no interior do estado de

São Paulo, sendo responsável pela fabricação de aços especiais desde 1980. Foi adquirida pelo grupo em 2008. Com uma extensa área de 4.530.000 m², a unidade se encontra estrategicamente posicionada entre os eixos RJ-SP, facilitando o atendimento à indústria automobilística nacional e ao mercado internacional. Com cerca de 1.900 colaboradores, é a maior usina de aços especiais da empresa.

A linha de inspeção em estudo faz parte da Transformação Mecânica, responsável por realizar ensaios não destrutivos em barras de aço cilíndricas de bitola média em produção. Com capacidade de produção de aproximadamente 10 mil toneladas/mês, dependendo do misto de bitola a ser inspecionado.

1.2 JUSTIFICATIVA DO PROJETO

Devido aos elevados índices de horas paradas registradas ao longo de 2022 na Linha de Inspeção 4, tornou-se imperativo realizar uma avaliação estratégica dessas interrupções. Adicionalmente, a falta de padronização nas trocas de bitola da endireitadeira contribui para a extensão do tempo de parada, resultando em uma redução da capacidade produtiva. A análise revelou, também, que a área carecia de organização, o que acarretava perdas de desempenho entre os diferentes turnos.

Após identificar e analisar a oportunidade de estudo, ficou evidente a oportunidade de realizar um evento *Kaizen* com o objetivo não apenas de aprimorar as condições de trabalho, mas também de reduzir uma das principais paradas programadas na produção da Linha de Inspeção: a troca de bitola, também chamada *setup*.

A execução de um *setup* na endireitadeira da linha de inspeção, quando realizado por um operador de forma individual, demanda uma média de 37 minutos. Este período compreende as diversas etapas necessárias para ajustar a endireitadeira, desde a troca de bitola até os ajustes operacionais essenciais.

Portanto, planeja-se reduzir o tempo de *setup* da endireitadeira da linha de inspeção através da aplicação de ferramentas *Lean* e do envolvimento operacional.

1.3 OBJETIVO PRINCIPAL

O objetivo principal deste trabalho é propor a implementação da metodologia *SMED* para reduzir o tempo de *setup* durante a troca de bitolas das barras de aço, resultando na diminuição do tempo de paradas programadas, de modo a aumentar a disponibilidade e o desempenho da linha de inspeção.

Após a conclusão do projeto, espera-se que o tempo de *setup* da linha de inspeção em questão seja reduzido em 50%, de modo a aumentar sua capacidade produtiva e, conseqüentemente, sua disponibilidade, medida pelo indicador OEE, que mede a eficiência global do equipamento através dos fatores disponibilidade, performance e qualidade.

Ao implementar ferramentas como o *SMED* (*Single Minute Exchange of Die*) e o 5s, espera-se não apenas melhorar as condições de trabalho, mas também aumentar o tempo produtivo. Além disso, essas ferramentas contribuirão para a gestão das melhores práticas, estabelecendo métricas para o trabalho padronizado na organização estudada.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesta seção, serão apresentadas, de forma detalhada, as abordagens empregadas no desenvolvimento desse projeto. Objetivou-se, com a reunião dessas informações, proporcionar uma compreensão mais aprofundada do contexto das decisões tomadas ao longo do processo de desenvolvimento.

2.1 USINA SIDERÚRGICA

A Usina Siderúrgica é uma instalação industrial onde ocorre a produção de aço a partir da transformação de minério de ferro em ferro gusa. Esse processo inclui várias etapas, como a preparação da matéria-prima, a fusão do ferro gusa em fornos de siderurgia e a produção de diferentes tipos de aço (BRAGA, 2019).

A usina siderúrgica engloba diversas áreas e processos, cada um desempenhando um papel fundamental na transformação do material bruto em produtos siderúrgicos de alta qualidade.

2.1.1 Aciaria

A aciaria é uma das principais áreas da usina siderúrgica, responsável pela produção do ferro gusa a partir do minério de ferro, carvão e outros aditivos. Nessa etapa, o ferro gusa é obtido através de altos-fornos ou fornos elétricos a arco, onde ocorre a fusão do minério e a redução do ferro. A aciaria é um setor crítico na cadeia produtiva do aço, pois é onde o material bruto é transformado em um produto intermediário essencial para a produção do aço (ALMEIDA, 2017).

2.1.2 Laminação

Após a produção do ferro gusa, o próximo passo importante é a laminação. Nessa etapa, o ferro gusa é transformado em produtos siderúrgicos acabados, como chapas, barras, perfis e outros formatos, através do processo de laminação a quente ou a frio. A laminação é responsável por dar forma e

dimensionamento adequado aos produtos siderúrgicos, atendendo às especificações dos clientes e às normas técnicas estabelecidas pela indústria (PEREIRA), 2019).

2.1.3 Linha de Inspeção

A linha de inspeção é uma área crítica na usina siderúrgica, onde os produtos laminados são submetidos a um rigoroso controle de qualidade. Nessa etapa, as barras de aço e outros produtos são inspecionados para garantir que atndam aos padrões de qualidade, dimensões e propriedades mecânicas exigidos pelos clientes e pelas normas técnicas. A linha de inspeção utiliza tecnologias avançadas de inspeção automatizada para detectar defeitos e irregularidades nos produtos, garantindo a sua conformidade e qualidade final (SILVA, 2020).

A linha de inspeção é composta por várias partes componentes, cada uma desem- penhando um papel específico na avaliação e aprimoramento dos produtos siderúrgicos.

2.1.3.1 Endireitadeira

A endireitadeira é um equipamento utilizado para corrigir possíveis deformações e desvios geométricos nas barras de aço produzidas na usina siderúrgica. Após o processo de laminação, as barras podem apresentar distorções, e a endireitadeira é responsável por restaurar sua retidão e precisão dimensional. A endireitadeira garante que as barras atendam aos padrões de qualidade e normas técnicas, tornando-as prontas para a próxima etapa de inspeção e embalagem (AMARAL, 2019).

2.1.3.2 NDT (Non-Destructive Testing)

O NDT, ou ensaio não destrutivo, é uma técnica de inspeção utilizada para detectar defeitos e imperfeições nos produtos siderúrgicos sem danificá-los. Essa etapa de inspeção pode incluir diferentes métodos, como ultrassom, partículas magnéticas, líquidos penetran- tes, entre outros. O NDT é crucial para identificar

defeitos internos ou superficiais nas barras de aço e garantir sua qualidade antes que sejam enviadas aos clientes (GONZÁLEZ, 2018).

2.1.3.3 Posto de Recuperação

O posto de recuperação é uma área onde são realizados ajustes e correções nos produtos que apresentam pequenas não conformidades detectadas durante a inspeção. Nessa etapa, são aplicados tratamentos para recuperar as barras de aço que possam ter sofrido deformações ou imperfeições leves. O posto de recuperação é uma parte importante do processo de inspeção, pois permite evitar o desperdício e maximizar a qualidade dos produtos siderúrgicos (RIBEIRO, 2020).

2.1.3.4 Embalagem

Após passarem por todas as etapas de inspeção e possíveis correções, as barras de aço são preparadas para a embalagem. Nesse momento, são selecionadas as embalagens adequadas para cada tipo de produto, garantindo a proteção durante o transporte e armazenamento. A embalagem também deve seguir as normas de segurança e transporte, garantindo que os produtos cheguem ao destino final em perfeitas condições (SILVA, 2017).

2.1.3.5 Inspeção Final

A inspeção final é a etapa final da linha de inspeção, onde as barras de aço são novamente avaliadas para garantir sua conformidade com os padrões de qualidade estabelecidos. Nessa fase, é realizada uma última verificação para assegurar que os produtos atendam a todas as especificações e normas técnicas antes de serem enviados aos clientes. A inspeção final é uma etapa crucial para assegurar a qualidade e a satisfação do cliente com os produtos siderúrgicos (MARQUES, 2019).

2.2 METODOLOGIAS E FERRAMENTAS

2.2.1 *Lean Manufacturing*

O *Lean Manufacturing* é considerado uma iniciativa com objetivo de eliminar desperdícios, retirando o que não agrega valor e conseqüentemente unindo as etapas que realmente acrescentam valor ao produto (WERKEMA, 2011).

Sendo assim, o principal objetivo do *Lean Manufacturing* é agregar valor ao produto ao eliminar desperdícios e tudo que possa gerar falhas no processo ou no produto. Ao concentrar-se na eficiência e na eliminação de elementos desnecessários, o *Lean* busca otimizar as operações, melhorar a qualidade e, em última instância, proporcionar maior valor ao cliente. Essa abordagem visa criar um ambiente de produção mais eficaz e enxuto, beneficiando tanto a organização quanto seus clientes.

A busca pela eliminação dos desperdícios foi a motivação inicial do *Lean Manufacturing*, também conhecido como sistema de produção enxuta. Seus fundadores, Taiichi Ohno e Eiji Toyoda, determinaram que a busca incessante pela eliminação de desperdícios seria a única forma de aumentar a produtividade japonesa no pós-guerra. Deste modo, os desperdícios foram classificados em sete tipos: superprodução, movimentação desnecessária, espera, transporte, processamento, estoque e produzir produtos com defeito. Com a eliminação completa desses desperdícios é possível aumentar a eficiência de operações em uma ampla margem (OHNO, 1988).

A Figura 1 auxilia na explicação do 8 desperdícios de produção, incluindo o oitavo desperdício, adicionado anos à frente e adotado como o desperdício do intelectual.

Quadro 1 – Os oito desperdícios do *Lean Manufacturing*.

Superprodução	Produzir produtos que não atendem as necessidades dos clientes, gerando grandes estoques e requerendo recursos.
Espera	É o tempo ocioso gerado por motivos como: falta de matéria prima, disponibilidade de maquinários ou espera de informações que resultam em atraso.
Transporte	Movimentação de peças, matéria prima ou produtos semi-acabados de um lado para o outro na fábrica.
Superprocessamento	São etapas do processo desnecessárias, ou seja, que não agregam valor ao produto.
Estoque	É o excesso de produtos, materiais, peças e informações que estão esperando para serem processados.
Deslocamento	Movimentação de pessoas sem um propósito.
Defeito	São perdas de materiais e produtos, ocasionados pela deficiência no processo produtivo.
Intelectual	Não aproveitamento correto do capital humano.

Fonte: Bonatto, F. et al. (2014).

A partir do Quadro 1, fica evidente que os desperdícios associados à produção têm o potencial de se transformar em gargalos para a empresa. Nesse contexto, os princípios *Lean* têm conquistado significativo êxito nas organizações. A filosofia *Lean* incorpora de maneira robusta o conceito de melhoria contínua, sendo aliada ao aumento da produtividade. Essa abordagem busca identificar e eliminar desperdícios, promovendo uma gestão mais eficiente e direcionada à excelência operacional (BONATTO *et al.*, 2014).

Vale reforçar que a adoção do *Lean Manufacturing* representa também um processo de mudança da cultura de uma organização, sendo assim, uma mudança de chave significativa e importante para sua visão estratégica de negócio (DENNIS, 2008).

2.2.2 *Kaizen*

O *Kaizen* é uma filosofia e uma prática que se concentra na realização de pequenas melhorias incrementais em processos, produtos ou serviços ao longo do tempo. Esse conceito é amplamente aplicado no contexto de gestão e produção, especialmente associado ao *Lean Manufacturing*.

Essa abordagem promove a implementação de novas metodologias de trabalho que têm um impacto direto na redução de desperdícios no sistema de produção e no aumento contínuo da satisfação dos colaboradores, gerado em um trabalho mais fácil e otimizado (SLACK *et al.*, 2009).

O *Kaizen* é, em si, um evento rápido no qual um intervalo de tempo é definido, planejado e organizado para analisar e aprimorar um determinado processo (ORTIZ, 2010). Laraia *et al.* (2009) descrevem o processo básico do *Kaizen* em quatro partes: preparação, planejamento, evento e acompanhamento. Cada uma dessas partes é delineada da seguinte maneira:

Planejamento ou Pré-*Kaizen*: Nessa fase, a identificação de oportunidades de melhoria é realizada, frequentemente por meio de análise de dados. Ferramentas são empregadas para avaliar o estado atual, utilizando dados coletados em um período específico, a fim de identificar oportunidades de aprimoramento.

Preparação: A seleção do líder do projeto, conhecido como ponto focal, é feita nessa etapa. Esse líder atua como coordenador do evento, sendo comprometido com o projeto e possuindo amplo conhecimento em *Lean Manufacturing* e seus princípios. Posteriormente, é essencial mapear as habilidades das pessoas para formar uma equipe de trabalho adequada.

Evento: O evento *Kaizen* é a execução concreta das melhorias propostas pela equipe. Esses eventos podem ocorrer periodicamente em momentos distintos ou serem realizados como um evento único, dependendo da complexidade das melhorias a serem implementadas.

Acompanhamento ou Pós-*Kaizen*: Essa etapa é crucial para validar se o evento *Kaizen* foi implementado corretamente e está gerando resultados no contexto do processo. Ferramentas como o PDCA (plan, do, check and act) são empregadas para garantir uma execução precisa das tarefas.

Em termos gerais, as oportunidades para aplicação do *Kaizen* são diversas

e podem proporcionar às organizações a redução de custos e o aumento da produtividade.

2.2.3 **SMED**

SMED (Single-Minute Exchange of Dies), também conhecido como TRF (Troca Rápida de Ferramenta), é uma técnica de redução de *setup* desenvolvida por Shigeo Shingo, um dos principais nomes do Sistema Toyota de Produção. O objetivo do *SMED* é reduzir o tempo de *setup* para menos de 10 minutos, o que permite aumentar a flexibilidade e a eficiência da produção (SOUZA, 2008).

O *setup* de máquina é o processo de preparação da máquina para a execução de uma nova tarefa de produção, incluindo a troca de ferramentas ou moldes, ajustes de parâmetros e verificações de qualidade. Neste caso, aplica-se às alterações necessárias no equipamento no momento em que altera-se a faixa de bitola da barra de aço a ser inspecionada.

Shingo (1990) divide o *SMED* em quatro estágios de aplicação:

- 1) Estágio um: Nessa etapa inicial, não há distinção entre *setup* interno e externo, tratando o processo como um todo. A partir disso, é possível realizar o mapeamento das atividades e equipamentos.
- 2) Estágio dois: Realiza-se a separação entre as atividades realizadas com o equipamento parado (*setup* interno) e quais são realizadas com o equipamento funcionando (*setup* externo). É feita uma observação do processo e aplicado uma lista de verificação que traz as condições dos equipamentos, e quais podem estar em operação antes de iniciar o *setup*.
- 3) Estágio três: O objetivo desta etapa é conseguir reclassificar as etapas e conseguir converter os *setups* internos em externos, quando possível, pois quando essas atividades são desenvolvidas paralelamente auxilia na redução de tempo.
- 4) Estágio quatro: Nesse estágio, as operações de *setup* interno e externo são examinadas para identificar possíveis melhorias adicionais. Deve-se considerar a eliminação de ajustes desnecessários e a simplificação dos métodos de fixação.

A ferramenta *SMED* pode ser ilustrada e exemplificada pela Figura 1.

Figura 1 – Metodologia *SMED*.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

2.2.4 5S

O Japão, após a Segunda Guerra Mundial, enfrentou a necessidade de reconstrução e superação de desafios econômicos. Em resposta à escassez de recursos e barreiras industriais, o país investiu em métodos para aumentar a qualidade de seus produtos. Surgiu então a metodologia 5S, que se tornou fundamental na implementação do *Lean* e é um orientador para diversas iniciativas de melhoria contínua nas organizações. Mais do que uma ferramenta, o 5S é considerado um modo de vida e uma abordagem para atingir níveis desejados de qualidade.

Os 5S derivam de palavras japonesas, todas começando com a letra “S”, que traduzem princípios fundamentais da metodologia. A implementação do 5S envolve os seguintes passos:

- 1) *Seiri* (Limpar/Arrumar): Separar materiais essenciais dos não essenciais, baseando-se nas necessidades específicas da área de trabalho.
- 2) *Seiton* (Organizar): Organizar os materiais essenciais no local de trabalho, estabelecendo um lugar para cada coisa e mantendo cada coisa em seu devido lugar.

- 3) *Seiso* (Higiene/Limpar): Realizar limpeza regular e programada de toda a área de trabalho, aplicando princípios de gerenciamento visual.
- 4) *Seiketsu* (Normalizar e Manter): Desenvolver sistemas e procedimentos para manter e padronizar os três primeiros “S”. Estabelecer como o trabalho será realizado na área.
- 5) *Shitsuke* (Autodisciplina): Verificar e ajustar os quatro primeiros “S” de maneira contínua e sistemática. Utilizar indicadores visuais para destacar e resolver problemas, evitando desperdício.

O programa 5S pode resultar em benefícios significativos para as empresas, como o aumento da produtividade, a melhoria do atendimento e o cumprimento dos prazos. Um ambiente onde o 5S está implantado contribui para a redução dos erros de produção e aumenta a segurança do trabalho, pois permite uma boa capacidade para praticar a distinção entre condições normais e anormais de trabalho (WERKEMA, 2011).

2.2.5 Gráfico de Pareto

O Gráfico de Pareto é uma técnica de análise de dados que permite identificar os principais problemas ou causas de um determinado fenômeno. O gráfico é baseado no princípio de Pareto, que afirma que a maioria dos efeitos de um fenômeno é resultado de uma pequena parte das causas.

O Gráfico de Pareto é construído ordenando as causas de um problema de acordo com a sua frequência ou impacto, e plotando essas causas em forma de barras em um gráfico de barras. A altura de cada barra representa a frequência ou o impacto de cada causa. A partir do gráfico, é possível identificar as principais causas do problema e, portanto, concentrar os esforços de solução nelas (MONTGOMERY, 2013).

2.2.6 Cronoanálise

A cronoanálise é uma técnica de análise que visa estudar e medir o tempo necessário para a execução de diferentes atividades dentro de um processo ou

operação. Geralmente envolve a observação direta das tarefas, a coleta de dados de tempo e a análise desses dados para identificar oportunidades de melhoria. Essa técnica é comumente utilizada em setores industriais, logísticos e de manufatura para otimizar a eficiência operacional e reduzir custos.

A Cronoanálise pode ser realizada de diferentes maneiras, como o registro manual de tempos ou o uso de dispositivos eletrônicos de medição de tempo. Independentemente do método utilizado, é importante que a Cronoanálise seja realizada de forma sistemática e consistente para garantir a confiabilidade dos resultados (REIS; KOFF, 2013).

2.2.7 Trabalho Padronizado

O Trabalho Padronizado é uma ferramenta do *Lean* que busca eliminar variações desnecessárias nos processos, promovendo consistência e previsibilidade nas atividades. O Trabalho Padronizado envolve a criação e documentação de métodos otimizados para a realização de tarefas, determinando tempos e sequências específicas para cada passo.

O trabalho padronizado, uma vez estabelecido e exposto nas estações de trabalho, é o objeto da melhoria contínua através do *kaizen*. Seus benefícios incluem a documentação do processo atual para todos os turnos, reduções na variabilidade, treinamento mais fácil para os novos operadores, redução de acidentes e riscos e uma base comum para as atividades de melhoria (LEAN INSTITUTE BRASIL, 2023).

2.3 INDICADOR OEE

OEE, ou Overall Equipment Effectiveness, é um indicador de desempenho utilizado para medir a eficiência geral de equipamentos ou máquinas em um ambiente de produção. Ele fornece uma visão abrangente de como os recursos estão sendo utilizados e como o processo de produção está funcionando em relação ao seu potencial máximo. O OEE leva em consideração três fatores principais: Disponibilidade, Performance e Qualidade (Nakajima, 1988).

O cálculo é realizado conforme a Equação 2.1.

$$OEE = Disponibilidade \times Performance \times Qualidade \quad (2.1)$$

2.3.1 Disponibilidade

Representa o tempo real em que a máquina ou equipamento estava disponível para operar, descontando os tempos de parada não planejados, como interrupções operacionais ou de manutenção.

2.3.2 Performance

Mede a velocidade real da produção em relação à velocidade teórica ou esperada, conforme as especificações do fabricante. Considera perdas de velocidade e pequenas paradas, que afetam o desempenho do equipamento.

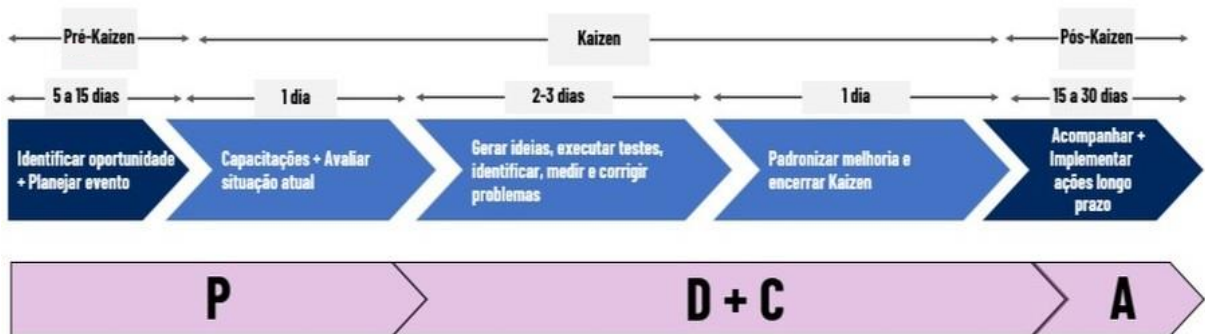
2.3.3 Qualidade

Reflete a porcentagem de produtos produzidos sem defeitos em relação ao total de produtos produzidos.

3 METODOLOGIA

Esta seção tem como objetivo apresentar o método de realização do projeto, expondo todas as etapas do Evento *Kaizen*, desde a identificação do problema até a padronização e acompanhamento das melhorias realizadas. A metodologia do evento, que engloba do pré ao pós *Kaizen*, é ilustrada pela Figura 2.

Figura 2 – Metodologia para realização do evento *Kaizen*.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

3.1 DESCRIÇÃO DO PROCESSO ESTUDADO

O processo de *setup* da endireitadeira é uma etapa crucial para garantir que o equipamento esteja adequadamente configurado para a bitola específica da barra que será endireitada e inspecionada. Esse processo envolve uma série de ajustes simétricos na parte frontal e traseira da endireitadeira, visando otimizar o desempenho do equipamento. É importante destacar que cada uma das etapas realizadas no *setup* é feita duas vezes, tanto na parte frontal quanto na parte traseira da endireitadeira.

Inicialmente, o operador utiliza uma chave para desparafusar o posticho, uma peça fundamental no processo. Esses postichos são componentes que estão associados a diferentes faixas de bitola, sendo essencial trocá-los de acordo com as especificações da barra a ser processada. Após a troca, o operador realiza o reaperto do novo posticho, assegurando uma fixação adequada.

Em seguida, o operador utiliza chaves para desparafusar os parafusos da mesa guia, uma componente essencial no direcionamento preciso das barras durante o processo de endireitamento. Ajustes na mesa guia são necessários para acomodar a bitola específica da barra.

Finalmente, o operador realiza os ajustes finais na mesa guia por meio de um painel elétrico. Este painel está localizado a certa distância da mesa guia, e a cada ajuste, o operador deve medir as distâncias para verificar a precisão do ajuste. Caso seja identificada a necessidade de correções, o operador retorna ao painel para realizar os ajustes necessários. Esse processo pode ser iterativo, demandando repetição até que os ajustes estejam totalmente alinhados.

Após a conclusão de todos os ajustes, o operador finaliza o processo e conduz testes, passando cinco barras pelo equipamento. Esses testes são cruciais para garantir que os ajustes realizados estejam adequados e que o equipamento esteja pronto para operar de maneira eficiente e eficaz, atendendo aos padrões de qualidade estabelecidos.

3.2 PRÉ-KAIZEN

3.2.1 Identificação das Oportunidades de Melhoria

Para a realização deste estudo foi necessário compreender o processo produtivo da empresa e como as atividades da linha de inspeção 4 são realizadas assim como os indicadores que direcionam as tomadas de decisões da área.

Inicialmente, a fim de mostrar os principais motivos de inatividade da linha no ano de 2022, foi elaborado um Gráfico de Pareto. Então, através do gráfico, identificou-se uma duplicidade nos apontamentos das paradas por Ajuste na Endireitadeira e Ajuste Operacional Vascas, ambas sendo frequentemente associadas à troca de bitola.

Essa redundância nos registros comprometeu a clareza e confiabilidade dos dados apresentados, portanto, para assegurar a coerência das paradas relatadas pelos colaboradores da área, além de analisar as razões das grandes paradas por *setup*, foi conduzido um estudo de cronoanálise, que assegurou os resultados do Pareto.

Deste modo, após análise dos dados, concluiu-se que o foco do projeto seria a redução do tempo de *setup* da endireitadeira.

3.2.2 Planejamento e Preparação para o Evento

Nesta etapa, inicialmente, foi realizado o mapeamento das pessoas, considerando suas habilidades, e, estrategicamente, formou-se o time *Kaizen*. O time foi composto pela líder, autora deste trabalho, dois facilitadores administrativos, um técnico de manutenção mecânica, um técnico de manutenção elétrica, três operadores da endireitadeira e dois prestadores de serviço de caldeiraria.

Com o time formado, iniciou-se a implantação da ferramenta *SMED*, de acordo com seus quatro estágios.

3.2.2.1 Aplicação do *SMED*

Inicialmente, foram acompanhados e gravados 6 *setups*, realizados por 3 diferentes operadores. A partir dos vídeos gravados, foi possível mapear todas as atividades e respectivos tempos necessários para sua realização. Deste modo, prosseguiu-se para o estágio 2 da aplicação do *SMED*.

Nesta etapa, já com as atividades mapeadas, foi possível realizar a separação entre atividades internas, ou seja, atividades realizadas com o equipamento parado, e externas, atividades que podem ser realizadas com o equipamento funcionando. E, então, foi possível classificar as atividades internas que poderiam se tornar atividades externas, a fim de auxiliar na redução do tempo de inatividade do equipamento.

Posteriormente, foi realizada pela equipe uma reunião de *braistorming* para levantar ideias de como realizar, na prática, a reclassificação de atividades internas para externas, além de pontos de oportunidade e melhoria que poderiam ser executados para auxiliar na redução do tempo de *setup*.

Por fim, foi criado um plano de ação com base em todas as oportunidades mapeadas, muitas delas voltadas para a modificação de atividades simples e de baixo custo, além de mudanças no layout e execução do 5S do posto de trabalho.

3.3 O EVENTO *KAIZEN*

No transcurso de três dias, foram empreendidas atividades delineadas para a concretização do evento *Kaizen*. Este evento, meticulosamente concebido e executado por uma equipe multidisciplinar, sob a liderança proeminente da autora deste trabalho, integrava membros oriundos das esferas de produção e processos de aprimoramento. Destaca-se que toda a equipe se dedicou integralmente ao evento, desde a fase preliminar até sua conclusão.

Ao término de cada jornada de trabalho, foram realizados acompanhamentos para revisão das ações e atualização do plano de ação. Paralelamente, foram reservados momentos específicos para demandas de suporte e solicitação de recursos adicionais, aprimorando, assim, a resolutividade do processo de aprimoramento contínuo.

3.4 PÓS-*KAIZEN*

Um evento de encerramento foi realizado com a equipe *Kaizen* e toda a liderança envolvida para apresentação dos resultados conquistados. Nesse contexto, elaborou-se uma instrução operacional abordando o Trabalho Padronizado, a qual engloba os tempos necessários para a execução e a metodologia para cada atividade durante o *setup*. Essa documentação, aliada ao plano de ação, foi devidamente incorporada ao sistema de gerenciamento de documentos da empresa, sendo disseminada por meio de treinamentos abrangendo todos os turnos operacionais.

A implementação da padronização assegurou a execução do *setup* conforme os parâmetros delineados durante o evento, validando integralmente o projeto conduzido. No âmbito do sistema, foram instituídas ações voltadas à verificação de eficácia por parte da liderança da área, visando atestar a conformidade dos operadores com os procedimentos estabelecidos internamente. Esse processo inclui a investigação de novas oportunidades de aprimoramento e a avaliação da efetiva implementação das medidas pós-evento.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção tem como objetivo apresentar os resultados obtidos após a execução de cada etapa do Evento *Kaizen* com a aplicação da ferramenta *SMED* na endireitadeira da linha de inspeção de barras de aço. Os dados foram coletados e analisados para avaliar o impacto das melhorias implementadas no processo de *setup*, considerando a redução do tempo de inatividade e o aumento da eficiência operacional.

4.1 PRÉ-KAIZEN

4.1.1 Identificação das Oportunidades de Melhoria

A primeira etapa deste estudo consistiu na compreensão aprofundada do processo produtivo da empresa, especialmente das atividades executadas na linha de inspeção 4, e na análise dos indicadores que norteiam as decisões da área. Inicialmente, visando evidenciar os principais motivos de inatividade da linha ao longo de 2022, foi elaborado um Gráfico de Pareto, ilustrado pela Figura 3.

Figura 3 – Gráfico de Pareto - Paradas da linha de inspeção em 2022.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

A Figura 4 mostra o tempo em que a linha esteve parada em 2022 devido

ao *setup*, ou troca de bitola.

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



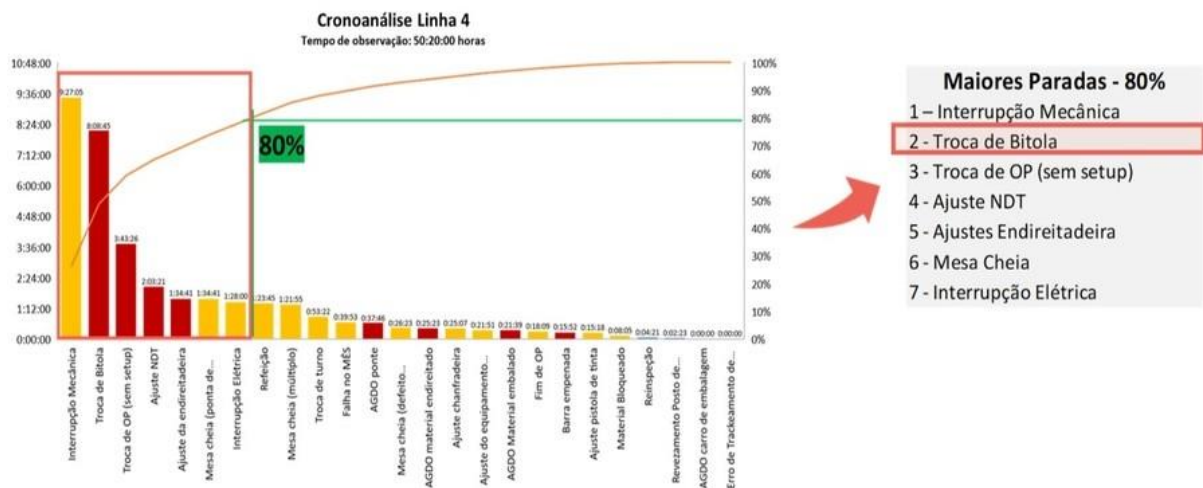
Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Através dos gráficos, foi possível concluir que em um total de 1.675 horas paradas registradas ao longo de 2022, 141 horas foram dedicadas exclusivamente à troca de bitola, representando aproximadamente 9% do total. Apesar de constituir uma porcentagem relativamente pequena, essa parada ainda se destaca como uma das maiores em termos de frequência na linha de inspeção.

Além disso, ao examinar o gráfico, surgiu a identificação de uma duplicidade nos registros de paradas, notadamente nos apontamentos relacionados aos ajustes na Endireiteira e aos ajustes operacionais Vascas. Ambos estavam frequentemente associados à troca de bitola. Essa redundância nos dados comprometeu a clareza e a confiabilidade das informações apresentadas.

Essa redundância nos registros comprometeu a clareza e confiabilidade dos dados apresentados, portanto, para assegurar a coerência das paradas relatadas pelos colaboradores da área, além de analisar as razões das grandes paradas por *setup*, foi conduzido um estudo de cronoanálise, que assegurou os resultados do Pareto, como mostrado na Figura 5.

Figura 5 – Resultados da cronoanálise.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Essa abordagem meticulosa permitiu validar os resultados apresentados no Pareto e confirmou que o foco estratégico do projeto deveria ser a redução do tempo de *setup* da endireitadeira.

4.1.2 Planejamento e Preparação para o Evento

A constituição do time *Kaizen* marcou o início desta fase do projeto, estrategicamente composto por profissionais com habilidades específicas. A equipe multidisciplinar, abrangendo diferentes áreas de expertise, desempenhou um papel crucial na implementação da ferramenta *SMED*.

Com a equipe formada, deu-se início à aplicação da ferramenta *SMED*, seguindo seus quatro estágios distintos. Esses estágios visam identificar e categorizar as atividades relacionadas ao *setup*, permitindo uma análise detalhada das etapas do processo. A utilização da ferramenta neste contexto específico tinha como objetivo aprimorar a eficiência operacional, reduzindo o tempo de *setup* na endireitadeira da linha de inspeção de barras de aço. Essa etapa foi fundamental para o desenvolvimento de estratégias específicas e direcionadas à melhoria do processo em questão.

4.1.2.1 Aplicação do *SMED*

Os resultados desta etapa da metodologia foram significativos para a compreensão e otimização do processo de *setup* na linha de inspeção. A análise detalhada de seis *setups* realizados por três operadores distintos, documentada através de gravações em vídeo, permitiu um mapeamento preciso de todas as atividades envolvidas, incluindo os tempos dedicados a cada uma delas.

Com base nesses registros, avançou-se para o segundo estágio da aplicação do *SMED*, onde se realizou a diferenciação entre atividades internas e externas. Essa classificação possibilitou a identificação de atividades internas que poderiam ser transformadas em externas, contribuindo para a redução do tempo de inatividade da endireitadeira durante o processo de *setup*.

Foram mapeadas 47 atividades, sendo 40 atividades internas e 7 atividades externas, como ilustra a Figura 6.

Figura 6 – Atividades internas e externas mapeadas.

#	Operação	Tempo	Tempo Acumulado	Interna	Externa	Pode ser otimizada?	Como?
1	Bloqueio da endireitadeira	00:00:00	00:00:00		x		
3	Acessar a máquina	00:54:00	00:54:00	x			
4	Apertar botão no painel	00:01:34	00:55:34	x			
5	Abrir porta da guia	00:01:50	00:01:50	x			
6	Conferir parafusos do postigo	00:02:06	00:03:56	x			
7	Retirada parcial dos parafusos da guia frontal	00:02:10	00:06:06	x			
8	Ajustar altura e ângulo do rolo	00:04:57	00:04:57		x		
9	Retirada do postigo	00:06:30	00:11:27	x			
10	Decarte do postigo	00:07:20	00:18:47	x			
11	Retirando parafusos usados	00:08:18	00:08:18	x			
12	Limpeza da base do postigo com espátula	00:08:23	00:16:41	x			
13	Pegar parafusos novos	00:09:00	00:25:41	x			
14	Pegar novo postigo	00:09:33	00:09:33	x			
15	Encaixe do novo postigo na guia	00:09:44	00:19:17	x			
16	Encaixe dos parafusos	00:10:20	00:29:37	x			
17	Aperto dos parafusos	00:11:22	00:11:22	x			
18	Finalizar aperto de parafusos	00:13:53	00:25:15	x			
19	Fechar guira frontal	00:14:33	00:39:48	x			
20	Ajuste da bitola e comprimento da barra na endireitadeira	00:14:48	00:14:48	x			
21	Retirada dos parafusos do postigo trazeiro	00:17:54	00:32:42	x			
22	Limpeza da base do postigo com espátula	00:20:59	00:53:41	x			
23	Encaixe do novo postigo na guia	00:21:25	00:21:25	x			
24	Encaixe dos parafusos	00:21:32	00:42:57	x			
25	Aperto dos parafusos	00:22:04	01:05:01	x			
26	Ajuste da guia	00:24:42	00:24:42	x			
27	Fechar guia traseira	00:27:02	00:51:44	x			
28	Aperto dos parafusos da guia traseira	00:27:23	01:19:07	x			
29	Fechar porta traseira da endireitadeira	00:29:26	00:29:26	x			
30	Recolhendo ferramentas	00:29:34	00:59:00	x			
31	Aguardando ponte	00:29:41	01:28:41	x			
32	Conferir posição do postigo	00:33:23	00:33:23		x		
33	Ajuste da altura do rolo	00:34:14	01:07:37	x			
34	Conferir posição do rolo	00:34:45	01:42:22	x			
35	Fechar porta da guia frontal	00:34:54	00:34:54	x			
36	Conferir ângulo do rolo	00:35:21	01:10:15	x			
37	Aperto dos parafusos da guia frontal	00:36:06	01:46:21	x			
38	Ajuste da guia frontal	00:38:00	00:38:00	x			
39	Conferir ângulo do rolo	00:38:43	01:16:43	x			
40	Ajuste da guia frontal	00:38:47	01:55:30	x			
41	Aperto dos parafusos da guia frontal	00:39:47	00:39:47	x			
42	Fechar porta frontal da endireitadeira	00:41:45	01:21:32	x			
43	Limpeza das ferramentas	00:42:10	02:03:42		x		
44	Retomar funcionamento da endireitadeira	00:42:52	00:42:52		x		
45	Ajuste ângulo e altura do rolo	00:44:25	01:27:17		x		
46	Ajuste da guia traseira	00:47:21	02:14:38	x			
47	Ajuste da endireitadeira	00:49:06	00:49:06		x		

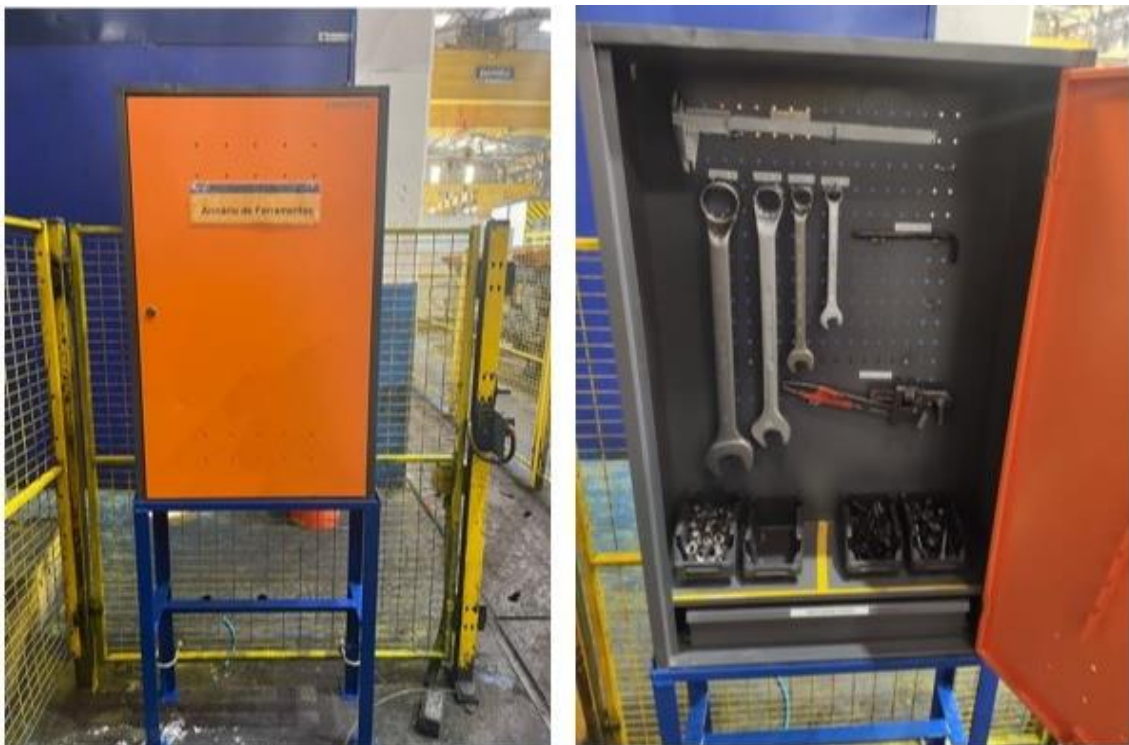
Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

A reunião de brainstorming conduzida pela equipe foi fundamental para a geração de ideias práticas destinadas à reclassificação de atividades, bem como para a identificação de oportunidades de melhoria. Essas ideias foram incorporadas ao plano de ação, que se baseou em oportunidades mapeadas, incluindo modificações em atividades simples e de baixo custo, ajustes no layout e implementação de princípios do 5S no posto de trabalho.

As ações implementadas no projeto foram estrategicamente direcionadas para otimizar as quatro atividades que apresentavam maior potencial de retorno no processo de *setup* da endireitadeira. O *setup*, que deve ser executado de maneira simétrica na parte frontal e traseira da máquina, revelou uma oportunidade de melhoria relacionada à localização das ferramentas e insumos. Observou-se que, embora a execução ocorresse em ambas as extremidades, os recursos essenciais para o *setup* estavam concentrados na parte frontal. Isso resultava em perda de tempo para os operadores que, ao realizar o *setup* na parte traseira, precisavam deslocar-se até a parte frontal em busca de ferramentas e insumos, impactando negativamente na eficiência do processo.

Para abordar essa questão, uma solução eficaz foi implementada, envolvendo a instalação de um armário contendo as principais ferramentas na parte traseira da endireitadeira, como mostra a Figura 7 .

Figura 7 – Armário de ferramentas instalado na parte traseira da endireitadeira.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Além disso, foi incorporado um suporte para acomodar um postigo representativo de cada faixa de bitola, mostrado na Figura 8 .

Figura 8 – Suporte para posições instalado na parte traseira da endireitadeira.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Essa iniciativa visou equilibrar a disponibilidade de recursos essenciais nas partes frontal e traseira da máquina, eliminando a necessidade constante de deslocamento dos operadores entre as extremidades durante o processo de *setup*. Essa intervenção não apenas otimizou a eficiência do procedimento, mas também contribuiu para reduzir significativamente o tempo perdido na busca de ferramentas e insumos, fortalecendo, assim, a eficácia operacional global.

Outra ação concentrou-se na simplificação do processo de desparafusar e

parafusar os postigos. Os operadores perdiam considerável tempo nessa etapa do *setup*, e, ao identificar essa lacuna, implementou-se a utilização de parafusadeiras a bateria para agilizar esse procedimento, visando reduzir o tempo dedicado a essa atividade específica.

Além disso, foram realizadas intervenções nas operações de aperto e soltura dos parafusos da mesa guia. Essa atividade demandava um esforço significativo e consumia tempo considerável. A fim de minimizar o esforço necessário para realizar essa operação, a equipe de manutenção desenvolveu um sistema de tubulações e parafusos hidráulicos, facilitando o ajuste e contribuindo para uma execução mais eficiente do *setup*.

Outro ponto crítico abordado foi o tempo perdido pelo operador ao ajustar a mesa guia. A distância considerável entre o painel de controle e a mesa exigia que o operador se deslocasse continuamente para verificar e ajustar as medições. Esse processo foi otimizado por meio da introdução de calços padronizados, cada um correspondente aos tamanhos específicos de cada faixa de bitola. Esses calços foram estrategicamente posicionados no suporte, permitindo que o operador ajustasse a mesa até encontrar resistência, indicando o ponto ideal. Ao ajustar a mesa guia, o operador insere o calço no suporte, como ilustra a Figura 9.

Figura 9 – Calços utilizados no ajuste da mesa guia.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Essa abordagem inovadora reduziu significativamente as perdas associadas aos deslocamentos frequentes do operador entre a máquina e o painel de controle. Com os calços padronizados, o ajuste da mesa tornou-se

mais eficiente e preciso, uma vez que o operador pode realizar os ajustes necessários até que seja impedido pelo calço correspondente à faixa de bitola em uso. Essa implementação não apenas simplificou o processo, mas também contribuiu para uma gestão mais eficiente do tempo e recursos, promovendo uma operação mais ágil e eficaz.

Além das melhorias diretas no processo de *setup* da endireitadeira, foram implementadas ações voltadas para aprimoramentos indiretos por meio da metodologia 5S. Um exemplo foi a padronização do armário de ferramentas da parte frontal da endireitadeira, mostrado nas Figuras 10 e 11.

Figura 10 – Melhoria de 5S realizada no armário de ferramentas.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Figura 11 – Padronização e identificação do armário de ferramentas.



Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Essa abordagem resultou em melhorias significativas na disposição e organização das ferramentas, equipamentos e materiais utilizados no processo. A introdução de áreas específicas para cada item, a eliminação de itens desnecessários e a padronização, não apenas complementaram as mudanças diretas no processo, mas também impactaram positivamente na produtividade, na segurança e na qualidade geral do trabalho realizado na linha de inspeção.

4.2 RESULTADO DO EVENTO

A implementação do Evento *Kaizen*, aliado à aplicação da ferramenta *SMED* e à adoção de melhorias decorrentes do programa 5S, resultou em transformações significativas na eficiência operacional da linha de inspeção de barras de aço. Os resultados finais destacam avanços concretos em diversas métricas essenciais, confirmando o sucesso do projeto em atender aos objetivos propostos.

Um dos principais indicadores de sucesso do projeto foi a expressiva redução no tempo de *setup* da endireitadeira. Inicialmente, o processo demandava 37 minutos, e após a implementação das melhorias propostas, o tempo foi reduzido para 17 minutos, equivalente a 54% de redução. Essa conquista ultrapassou a meta inicial de redução de 50%, atingindo uma eficiência notável e impactando positivamente na disponibilidade do equipamento.

A disponibilidade da linha de inspeção apresentou um aumento significativo, passando de 80,75% para 83,17%. Esse ganho direto na

disponibilidade, além de ganhos indiretos em qualidade e performance, contribuiu diretamente para o aumento do OEE, que saltou de 16% para uma média de 25%. Esses números refletem não apenas a redução do tempo de inatividade, mas também uma melhoria global na eficiência e produtividade da linha.








A redução do tempo de *setup* teve impactos diretos na produtividade, permitindo que a linha atingisse suas metas de produção de forma mais consistente. Com a minimização das paradas operacionais, a entrega de produção tornou-se mais previsível e alinhada aos planejamentos do PCP (Planejamento e Controle da Produção).

Um aspecto relevante do sucesso do projeto foi o engajamento da equipe. A participação ativa dos colaboradores no processo de implementação das melhorias, aliada à disseminação da cultura de melhoria contínua promovida pelo *Kaizen*, contribuiu para uma mudança cultural na empresa. A equipe passou a enxergar as operações com uma mentalidade voltada para a eficiência e a busca contínua por oportunidades de melhoria.

4.3 PÓS-KAIZEN

Após a implantação do evento, foi estabelecido um padrão operacional de trabalho padronizado, proporcionando diretrizes claras para a execução das atividades conforme as melhorias implementadas. Esse padrão operacional não apenas documenta os procedimentos otimizados, mas também serve como um guia prático para garantir consistência e eficiência nas operações de *setup* da endireitadeira. Uma parte do padrão criado, a título de exemplificação, é mostrado pela Figura 12.

Figura 12 – Demonstração de padrão de trabalho padronizado criado.

TÍTULO: Setup Endireitadeira Linha de Inspeção 4		PIH/O-491-037	
		Revisão: 0	Data da Revisão: 12/05/2023
6. DETALHAMENTO DAS ATIVIDADES		Página: 7 de 11	
Trabalho Padronizado - Setup endireitadeira			
Tabela de Combinação de Trabalho Padronizado		Atividade: Setup padrão Endireitadeira	Data: 12/05/2023
	Elementos de Trabalho	Imagem de Apoio	Pontos Chaves
1	Bloquear equipamento		É fundamental e obrigatório o bloqueio do equipamento para realização do setup.
2	Pegar calços no caminho de ferramentas		Os calços já devem estar separados e sobre a bancada do caminho de ferramentas antes da realização do setup.
3	Movimentação para parte traseira da Endireitadeira		Atenção à ponte rolante.
4	Pegar ferramentas no armário		Atividade padrão
5	Abrir porta traseira da endireitadeira e apoiar ferramentas na mesa guia		Atividade padrão
6	Ajustamento hidráulico e abertura da mesa guia		Fixar atento às identificações de "avanti" e "lento" da mesa nos botões de controle.
7	Bater ar na mesa guia para limpeza da mesa e dos parafusos		Atividade padrão
8	Desparafusar posição traseira		Limpar interior do parafuso com ferramenta pequena, se necessário.
9	Levar posição velho ao suporte de posição		Atenção à ergonomia
10	Levar posição novo à Endireitadura		Atenção à ergonomia

Fonte: Elaborado pela Autora (2023).

Essa padronização é fundamental para sustentar e replicar os ganhos obtidos, assegurando que as melhorias se tornem parte integrante da rotina operacional.

5 CONCLUSÃO

A bem-sucedida implementação das ferramentas *Kaizen*, *SMED* e *5S* na linha de inspeção de barras de aço representa um capítulo transformador na jornada de aprimoramento contínuo da organização. A redução impressionante do tempo de *setup* de 37 para 17 minutos demonstra não apenas a eficácia dessas metodologias, mas também a capacidade de superar metas desafiadoras, ultrapassando a meta inicial de redução de 50%. Esse êxito não se limita à eficiência operacional; ele se traduz em um aumento significativo na disponibilidade, de 80,75% para 83,17%, elevando o indicador OEE de 16% para uma média de 25%.

O impacto positivo se estende além dos indicadores quantitativos. O engajamento excepcional da equipe foi um fator crucial para o sucesso do projeto. A disposição da equipe em adotar práticas inovadoras e abraçar uma mentalidade de melhoria contínua reflete não apenas em números, mas na cultura organizacional. O conhecimento adquirido sobre novas abordagens para as tarefas diárias destaca que há sempre espaço para melhorias nas operações, ressaltando a importância da adaptabilidade e inovação.

Além disso, a implementação dessas ferramentas não apenas aprimorou processos, mas também proporcionou uma mudança positiva na perspectiva da empresa em relação aos padrões estabelecidos. A busca constante por eficiência e qualidade tornou-se uma parte fundamental da identidade organizacional. Em resumo, o sucesso alcançado na implementação do *Kaizen*, *SMED* e *5S* não só trouxe melhorias operacionais tangíveis, mas também consolidou a posição da empresa como líder na busca incessante pela excelência e inovação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R. et al. **Aciaria: Processos e Tecnologias**. [S.I.]: Editora Técnica, 2017.

AMARAL, F. G. et al. **Endireitadeiras: Tecnologias e Aplicações**. [S.I.]: Editora Técnica, 2019.

BONATTO, F. *et al.* **Mapeamento do fluxo de valor: Um estudo de caso em uma indústria moveleira**. 2014. Revista Espacios. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a14v35n07/14350716.html>. Acesso em: 24/07/2023.

BRAGA, A. B. et al. **Siderurgia Brasileira: Desafios e Oportunidades**. [S.I.]: Editora Universitária., 2019.

DENNIS, P. **Produção Lean Simplificada: Um Guia Para Entender o Sitemad e Produção mais Poderoso do Mundo**. 2. ed. Bookman, 2008. Disponível em: https://www.academia.edu/40161431/Livro_Produ%C3%A7%C3%A3o_Lean_Simplificada_Um_Guia_Para_Entender_o_Sitemad_e_Produ%C3%A7%C3%A3o_mais_Poderoso_do_Mundo. Acesso em: 24/07/2023.

GONZÁLEZ, R. S. et al. **Ensaio Não Destrutivos: Fundamentos e Aplicações**. [S.I.]: Editora Nacional, 2018.

LARAIA, A. C. *et al.* **Kaizen Blitz: Processo para alcance da melhoria contínua nas organizações**. 1. ed. [S.I.]: Leopardo, 2009.

LEAN INSTITUTE BRASIL. **O que é Trabalho Padronizado?** 2023. Disponível em: <https://www.lean.org.br/conceitos/126/o-que-e-trabalho-padronizado.aspx>. Acesso em: 24/07/2023.

MARQUES, L. P. et al. **Controle de Qualidade Final em Siderurgia**. [S.I.]: Editora Técnica, 2019.

MONTGOMERY, D. C. **Controle Estatístico de Processo: Fundamentos e Aplicações**. [S.I.]: LTC, 2013.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM: Total Productive Maintenance**. [S.I.]: Productivity Press, 1988.

OHNO, T. **Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production**. [S.I.]: Productivity Press, 1988.

ORTIZ, C. A. **Kaizen e implementação de eventos kaizen**. 1. ed. [S.I.]: Bookman, 2010. PEREIRA, A. M. et al. **Laminação: Processos e Tecnologias**. [S.I.]: Editora Nacional, 2019.

REIS, A.; KOFF, J. **Gerenciamento da Produção: Planejamento, Programação e Controle**. [S.I.]: Editora Atlas, 2013.

RIBEIRO, A. M. et al. **Recuperação de Produtos Siderúrgicos: Métodos e Técnicas**. [S.I.]: Editora Técnica, 2020.

SILVA, J. C. et al. **Embalagens para Produtos Siderúrgicos**. [S.I.]: Editora Nacional, 2017.

SILVA, M. S. et al. **Controle de Qualidade na Siderurgia**. [S.l.]: Editora Técnica, 2020. SLACK, N. *et al.* **Administração da Produção**. 3. ed. [S.l.]: Editora Atlas, 2009.

SOUZA, A. C. **Gestão da Qualidade**: Fundamentos, Técnicas e Ferramentas. [S.l.]: Editora Atlas, 2008.

WERKEMA, C. **Lean Seis Sigma**: Introdução às Ferramentas do *Lean Manufacturing*. [S.l.]: Grupo Gen, 2011.