

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**MATHEUS WOISKI RODRIGUES**

**ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA KAIZEN PARA  
REDUÇÃO DE DEFEITOS DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA DE PAPEL**

**GUARAPUAVA**

**2024**

**MATHEUS WOISKI RODRIGUES**

**ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA KAIZEN PARA  
REDUÇÃO DE DEFEITOS DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA DE PAPEL**

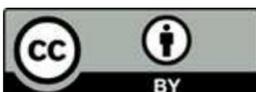
***CASE STUDY ON THE APPLICATION OF THE KAIZEN METHODOLOGY FOR  
REDUCING QUALITY DEFECTS IN A PAPER INDUSTRY***

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Prof. Dr. Carlos Bernardo Gouvea Pereira

**GUARAPUAVA**

**2024**



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

**MATHEUS WOISKI RODRIGUES**

**ESTUDO DE CASO DA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA KAIZEN PARA  
REDUÇÃO DE DEFEITOS DE QUALIDADE EM UMA INDÚSTRIA DE PAPEL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Mecânica da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 16/agosto/2024

---

Carlos Bernardo Gouvea Pereira  
Doutorado em Engenharia Mecânica  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Carla Dantas da Silva  
Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

David Lira Nunez  
Doutorado em Engenharia Mecânica e de Materiais  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**GUARAPUAVA**

**2024**

*Dedico este trabalho à minha família e amigos pelo apoio incondicional ao longo de toda minha trajetória acadêmica e profissional.*

## **AGRADECIMENTOS**

Certamente esta seção do trabalho não fará justiça a todas as pessoas com quem tive o prazer de caminhar lado a lado em minha trajetória acadêmica, tampouco reconhecerá todos os familiares, amigos e colegas de trabalho que me apoiaram durante a graduação e o desenvolvimento deste trabalho.

Ainda assim, não posso finalizar minha jornada no curso de engenharia mecânica sem primeiro agradecer àqueles que foram essenciais em toda a minha vida (acadêmica e além): meus pais, que desde sempre reconheceram o valor da educação e não mediram esforços para me formar ser humano, homem e cidadão e me prover todos os recursos necessários para que eu pudesse ter as oportunidades que eles não tiveram. Saibam que essa conquista é nossa e não minha.

Agradeço também às amizades feitas na graduação, que desde o primeiro dia de universidade me apoiaram e me desafiaram a ser melhor, por mim e pelas pessoas que amo.

*“Se eu vi mais longe, foi porque estava sobre os ombros de gigantes”*

(Sir Isaac Newton, 1675)

## RESUMO

Com a crescente competitividade no meio industrial, a implementação de metodologias e sistemas de gestão e manutenção tornam-se uma preocupação comum nas organizações na busca por sobrevivência e destaque no mercado. Nesse sentido, uma das mais antigas e populares metodologias industriais, o TPM (Manutenção Produtiva Total), surge como alternativa consolidada, estruturando a manutenção autônoma e fornecendo as ferramentas necessárias para garantir a melhoria contínua em todos os níveis operacionais em busca de zero acidentes, zero defeitos e zero quebras. Neste contexto, este trabalho abordou por meio de um estudo de caso a tentativa de diminuição de uma perda de qualidade em uma empresa de papel da região de Guarapuava/PR utilizando uma das metodologias presentes dentro do TPM, o kaizen. Ainda que os resultados não tenham demonstrado diminuição significativa do defeito abordado, o kaizen mostrou-se uma metodologia de extrema aplicabilidade, sendo ágil e de simples replicação.

**Palavras-Chave:** *kaizen*; TPM; qualidade; manutenção.

## **ABSTRACT**

With the increasing competitiveness in the industrial sector, the implementation of management and maintenance methodologies and systems has become a common concern among organizations seeking survival and prominence in the market. In this context, one of the oldest and most popular industrial methodologies, TPM (Total Productive Maintenance), emerges as a consolidated alternative, structuring autonomous maintenance and providing the necessary tools to ensure continuous improvement at all operational levels in the pursuit of zero accidents, zero defects, and zero breakdowns. This work addressed, through a case study, the attempt to reduce a quality loss in a paper company in the Guarapuava/PR region using one of the methodologies within TPM, Kaizen. Although the results did not show a significant decrease in the addressed defect, Kaizen proved to be an extremely applicable methodology, being agile and easily replicable.

**Keywords:** Kaizen; TPM; quality; maintenance.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 - Os 8 Pilares do TPM</b>	20
<b>Figura 2 - Diagrama de Ishikawa</b>	29
<b>Figura 3 - Estrutura da Matriz GUT</b>	30
<b>Figura 4 - Estrutura da análise dos 5 porquês</b>	31
<b>Figura 5 - Plano de ação elaborado com a ferramenta 5W2H</b>	32
<b>Figura 6 - Estrutura da ferramenta 5W1H</b>	33
<b>Figura 7 - Histórico do defeito</b>	42
<b>Figura 8 - Resultados após o kaizen</b>	43
<b>Figura 9 - Análise de 12 meses</b>	44
<b>Figura 10 - Perda em relação à produção</b>	45

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

<b>Quadro 1 - Histórico e Evolução da Manutenção</b>	18
<b>Quadro 2 - Atividades da Manutenção Autônoma</b>	22
<b>Quadro 3 - O ciclo PDCA</b>	26
<b>Quadro 4 - Divisão do Ciclo CAPDo</b>	27
<b>Quadro 5 - Esclarecimento do fenômeno</b>	36
<b>Quadro 6 - Alocação 6M: Mão de Obra</b>	37
<b>Quadro 7 - Alocação 6M</b>	38
<b>Quadro 8 - 5 Porquês (Mão de obra)</b>	39
<b>Quadro 9 - 5 Porquês (Máquina)</b>	40
<b>Quadro 10 - Plano de Ação</b>	41

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5S	5 Sensos
FSC	<i>Forest Stewardship Council</i>
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CI	Controle Inicial
EBITDA	<i>Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization</i>
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i>
ET	Educação & Treinamento
GUT	Gravidade, Urgência e Tempo
JIPM	<i>Japanese Institute of Plant Maintenance</i>
MA	Manutenção Autônoma
ME	Melhoria Específica
MP	Manutenção Planejada
MQ	Manutenção da Qualidade
MTBF	<i>Mean Time Between Failures</i>
MTTR	<i>Mean Time To Repair</i>
OEE	<i>Overall Equipment Effectiveness</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
SSMA	Segurança, Saúde e Meio Ambiente
CMMS	<i>Computerized Maintenance Management System</i>
TQM	<i>Total Quality Management</i>
TQC	<i>Total Quality Control</i>
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i>
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	15
<b>1.1 Total Productive Maintenance</b>	15
<b>1.2 Justificativa</b>	16
<b>1.3 Objetivos</b>	16
1.3.1 Objetivo Geral	16
1.3.2 Objetivos Específicos	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b>	17
<b>2.1 Histórico da Manutenção</b>	17
<b>2.2 Os Cinco S (5S)</b>	18
<b>2.3 Manutenção Produtiva Total (TPM)</b>	19
2.3.1 Pilar M.E. (Melhoria Específica)	20
2.3.2 Pilar M.A. (Manutenção Autônoma)	21
2.3.3 Pilar M.P. (Manutenção Planejada)	22
2.3.4 Pilar E.T. (Educação e Treinamento)	23
2.3.5 Pilar C.I. (Controle Inicial)	23
2.3.6 Pilar M.Q. (Manutenção da Qualidade)	24
2.3.7 Pilar Office (Administrativo e Apoio)	24
2.3.8 Pilar SSMA. (Saúde, Segurança e Meio Ambiente)	24
<b>2.4 Metodologia Kaizen</b>	25
2.4.1 Diagrama de Ishikawa	28
2.4.2 Brainstorming	29
2.4.3 Matriz GUT	29
2.4.4 Os 5 Porquês	30
2.4.5 5W2H	31
<b>3 METODOLOGIA</b>	34
<b>3.1 Perfil da Empresa</b>	34

<b>3.2 Análise e Contextualização do Problema</b>	<b>34</b>
<b>3.3 Metodologia Aplicada</b>	<b>35</b>
<b>4 RESULTADOS</b>	<b>42</b>
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>48</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 Total Productive Maintenance

Desde a Segunda Revolução Industrial, novas tecnologias e metodologias vêm sendo rapidamente desenvolvidas e aplicadas no meio industrial visando o crescimento perene das atividades de manufatura de diferentes ramos da indústria. Neste contexto, partindo da abordagem de Zero Defeitos, surge o Total Productive Maintenance (TPM) ou manutenção produtiva total, uma metodologia cujo objetivo é a produção com zero falhas, zero defeitos e zero acidentes (GOTOH & TAJIRI, 1999), onde falha refere-se a qualquer evento que impeça o funcionamento do equipamento e defeito os eventos que comprometam o funcionamento do equipamento em condições satisfatórias (GREGÓRIO et al., 2018).

O foco principal do TPM é na redução de custos, alcançada pela eliminação de perdas e desperdícios ligados à manutenção e à qualidade que impactam diretamente na eficiência e confiabilidade dos equipamentos e na redução de produtos defeituosos (MCCARTHY e RICH, 2004).

De acordo com o IISE - *Institute of Industrial & System Engineers*, uma indústria de processo é aquela em que a produção primária é composta por produtos indistinguíveis em misturas processadas continuamente ou em lotes, de modo que não é possível considerar uma unidade única do produto durante o processamento. Uma aplicação clara da indústria de processo é a indústria de papel e celulose. Segundo dados da EPE (Empresa de Pesquisa Energética), o Brasil ocupava em 2020 a posição de segundo maior produtor mundial de celulose com 21 milhões de toneladas fabricadas, o que representou uma produção de celulose de 206% com relação ao papel produzido internamente no mesmo ano e um percentual de 11,3% com relação à produção mundial total e, ainda no mesmo ano, 70% de sua produção foi destinada ao mercado externo (EPE, 2022). Este alto volume de exportação é fruto do menor custo envolvido na produção de papel e celulose no Brasil quando comparado a outros países, principalmente nas etapas de plantio e colheita florestal, sendo o país referência mundial em produtividade de plantios florestais (EMBRAPA, 2021). Diante deste cenário, a redução das perdas por manutenção, qualidade e segurança passa a ter caráter estratégico para garantir os grandes volumes de produção demandados, trazendo à tona metodologias como o TPM, empregado

desde a década de 1990 em empresas brasileiras na busca pela excelência operacional e aumento da competitividade (COSTA, 2014).

## **1.2 Justificativa**

A alta competitividade no setor de papel e celulose exige a constante melhoria da qualidade dos produtos e da eficiência dos processos. Perdas de todos os tipos comprometem a rentabilidade da empresa, destacando a necessidade de soluções que busquem sua eliminação, objetivo central do TPM. O kaizen, integrado ao TPM, oferece uma abordagem simples mas estruturada para a melhoria contínua, focando na eliminação destas perdas. Um estudo de caso pode fornecer evidências empíricas sobre a eficácia do kaizen na redução de defeitos e melhoria da qualidade dos produtos, servindo de referência para outras empresas do setor e contribuindo para o desenvolvimento de práticas mais eficientes na gestão industrial.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Avaliar a execução de um time de kaizen em uma indústria de papel na região de Guarapuava/PR.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Listar as ferramentas empregadas na investigação do problema;
- Detalhar as etapas do kaizen;
- Verificar a efetividade das ações implementadas após o kaizen.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Histórico da Manutenção**

Para Peng (2012), a manutenção está ligada ao trabalho executado para manter algo em condições adequadas de forma que a função requerida seja atendida.

Ao longo de sua história, a manutenção apresentou evoluções com relação à forma como é vista e executada dentro das organizações, partindo de uma estrutura mais básica, onde apenas se consertavam quebras e prestavam-se cuidados básicos aos equipamentos como limpeza e rotinas de lubrificação até uma formulação mais moderna, onde o foco das atividades de manutenção direcionou-se a um processo mais analítico de estudo, análise e prevenção de falhas com ênfase nos conceitos de confiabilidade e manutenibilidade (TONDATO, 2004).

O Quadro 1 apresenta uma visão histórica do surgimento de novas técnicas de manutenção, com suas características e objetivos.

Quadro 1 - Histórico e Evolução da Manutenção

Fase	Período	Características	Objetivos	Conceitos Chave
<b>FASE 1</b>	Pré-1950	Reparo apenas quando a máquina estava quebrada	Consertar equipamento em situação de quebra em intervalo de tempo razoável	"Se não está quebrado, não conserte."
<b>FASE 2</b>	Década de 1950	- Estabelecer funções para a manutenção - Manutenção baseada no tempo	- Estender a vida útil de equipamentos - Reduzir tempo de paradas não planejadas e defeitos	- Manutenção preventiva - Manutenção produtiva - Melhora da manutenibilidade
<b>FASE 3</b>	Década de 1960	- Foco na confiabilidade - Foco na manutenibilidade e Consciência de custos	- Reduzir tempo de paradas não planejadas e defeitos aumentando a eficiência da manutenção	- Engenharia de confiabilidade - Engenharia de manutenibilidade - Engenharia econômica
<b>FASE 4</b>	Década de 1970	- Manutenção preventiva - Controle da qualidade total (TQC) - Engajamento total de funcionários	- Zero quebra e zero defeito	- Ciências comportamentais - Engenharia de sistemas - Ecologia - Prevenção da manutenção - <i>Just in time</i> (JIT) - TQC e TQM - Terotecnologia
<b>FASE 5</b>	Década de 1980 a 1990	- Práticas de TPM - Manutenção baseada em condição - Aplicação de CMMS	- Zero quebras e zero defeitos - Otimização da disponibilidade	- Gestão da manutenção computadorizada

Fonte: Adaptado de Peng (2012).

## 2.2 Os Cinco S (5S)

Para Willmott e McCarthy (2001), o 5S é um dos primeiros passos na gestão de ativos e em todas as metodologias oriundas do Japão, consistindo em uma forma de organizar o ambiente de trabalho com base no conceito de “5 sentidos”: senso de utilização, senso de ordenação, senso de limpeza, senso de padronização e senso de disciplina.

A aplicação bem-sucedida do 5S em uma indústria pode representar um ganho rápido e tangível, fortalecendo iniciativas de melhoria contínua e dando

insumos para a implementação gradual de uma filosofia de gerenciamento mais complexa (ORTIZ, 2010).

Quando aplicado ao ambiente industrial, implica na restauração das condições básicas de operação e limpeza dos equipamentos, requisito básico da manutenção autônoma, além de sua aplicação ser a primeira atividade de responsabilização e empoderamento da equipe da operação (ORTIZ, 2010).

Imai (2014) argumenta que o 5S se aplica ao local de trabalho em si, podendo ser replicado em ambientes de escritório, e não somente em linhas de produção.

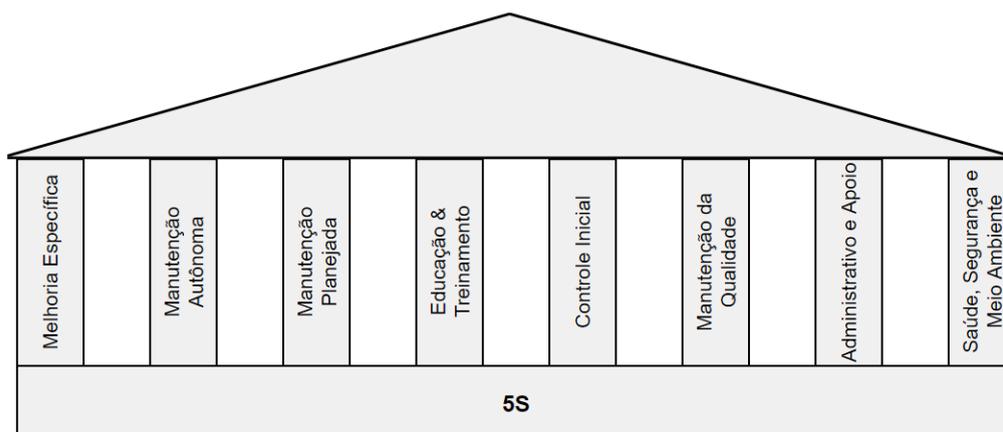
### **2.3 Manutenção Produtiva Total (TPM)**

O JIPM (*Japan Institute of Plant Maintenance*), instituto japonês que dissemina e apoia iniciativas visando segurança, qualidade e performance no meio industrial, classifica o TPM como uma técnica de gerenciamento de manutenção que melhora a produtividade de plantas industriais focando em equipamentos e pessoas e impacta positivamente no desempenho fabril ao prover as ferramentas e métodos para a obtenção de processo produtivo com zero quebras, zero falhas e zero acidentes (JIPM, 2002).

O JIPM (2002) apresenta o TPM como sustentado por oito pilares, ilustrados na Figura 1 e descritos abaixo::

- Melhoria Específica;
- Manutenção Autônoma;
- Manutenção Planejada;
- Educação & Treinamento;
- Controle Inicial;
- Manutenção da Qualidade;
- Administrativo e Apoio; e
- Saúde, Segurança e Meio Ambiente.

**Figura 1 - Os 8 Pilares do TPM**



**Fonte: Adaptado de JIPM (2023).**

### 2.3.1 Pilar M.E. (Melhoria Específica)

As atividades do pilar Melhoria Específica concentram-se majoritariamente em ações que visam maximizar o indicador de eficiência global dos equipamentos (OEE - *Overall Equipment Effectiveness*), maximizando a produção e minimizando perdas. O indicador é afetado por perdas de tempo e volume (SUZUKI, 1992).

Nakajima (1988) caracteriza as principais perdas responsáveis por afetar o indicador de eficiência global dos equipamentos em:

1. Perdas por quebras - perdas que ocorrem devido às falhas de equipamento, divididas em uma perda de tempo e em uma perda de volume pois o equipamento têm sua operação interrompida;
2. Perdas por setup (ajuste) - Perdas oriundas do ajuste e configuração do equipamento e que são inerentes ao processo;
3. Perdas por pequenas paradas - Ocorrem quando a produção é interrompida por pequenos intervalos de tempo;
4. Perdas por velocidade - Ocorrem quando o equipamento opera abaixo da velocidade pré-estabelecida;
5. Perdas por defeitos e retrabalho - Perdas que ocorrem devido à defeitos de qualidade que culminam em defeitos (perdas em volume) e retrabalho (perda de tempo);
6. Perdas por rendimento - Perdas em volume e em tempo que ocorrem durante o período de acionamento ou reinício do equipamento, do momento

em que é acionado até o momento em que é capaz de produzir com qualidade.

O pilar é responsável por gerir as estatísticas do processo e propor otimizações a partir de grupos de trabalho como o kaizen com foco na eliminação destas e outras perdas (GREGÓRIO et al., 2018).

### 2.3.2 Pilar M.A. (Manutenção Autônoma)

O pilar Manutenção Autônoma estrutura as atividades dos grupos autônomos dos equipamentos sob responsabilidade dos operadores e garante através de 7 etapas a consolidação de atividades cujo os objetivos principais são o estabelecimento das condições básicas do equipamento por meio de atividades de limpeza, inspeção, lubrificação e pela execução de pequenos reparos (GOTOH & TAJIRI, 1999).

No Quadro 2, um resumo das atividades desenvolvidas pelos grupos de manutenção autônoma em cada uma das 7 etapas de implementação pode ser observado.

**Quadro 2 - Atividades da Manutenção Autônoma**

<b>Fase de Implementação</b>	<b>Atividades</b>
1: Limpeza inicial	Limpeza para eliminar pó e sujeira principalmente do corpo do equipamento; lubrificar e apertar; descobrir problemas e corrigi-los
2: Contramedidas nas fontes de problemas	Eliminar locais de difícil acesso e fontes de sujeira; reduzir o tempo requerido para realização da limpeza e lubrificação do equipamento
3: Padronização da limpeza e da lubrificação	Estabelecer padrões que reduzam o tempo de limpeza e inspeção periódica
4: Inspeção geral do equipamento	Elaboração de manual de inspeção; membros do grupo autônomo do equipamento descobrem e corrigem defeitos menores no equipamento
5: Inspeção autônoma	Desenvolver e utilizar checklist de inspeção autônoma
6: Organização e padronização	Padronizar e sistematizar o controle da manutenção; padrões de coleta de dados e padrões para manutenção de componentes
7: Manutenção autônoma plena	Desenvolver políticas organizacionais; aumentar regularidade das atividades de melhoria; registrar e gerir indicador MTBF (tempo médio entre falhas)

**Fonte: Adaptado de Nakajima (1988).**

A participação da operação na realização de rotinas de limpeza, inspeção e lubrificação permite que os manutentores dediquem mais tempo em atividades de maior valor, tendo em vista que desta forma as atividades preventivas mais simples são executadas pelos colaboradores da operação durante as rotinas (YAMAGUCHI, 2005).

### 2.3.3 Pilar M.P. (Manutenção Planejada)

O pilar Manutenção Planejada é o responsável direto pela gestão da vida útil dos equipamentos e dos custos de manutenção, envolvendo-se também em atividades de melhoria e engenharia de confiabilidade, além de apoiar as atividades dos grupos autônomos (SUZUKI, 1992).

Venkatesh (2007) define os objetivos principais do pilar como sendo a conquista e a manutenção da disponibilidade de máquinas e equipamentos, a otimização dos custos de manutenção, a redução dos estoques de peças (onde as peças terão estoque sempre disponível, porém na quantidade correta e necessária) e a melhoria na confiabilidade e manutenibilidade de ativos.

#### 2.3.4 Pilar E.T. (Educação e Treinamento)

Este pilar é responsável direto por gerir o treinamento e o desenvolvimento das pessoas e equipes envolvidas no TPM, integrando-se a outras áreas (como ao pilar Manutenção Planejada) para apoiar necessidades pontuais de cada grupo autônomo. As atividades do pilar não se restringem somente a setores tampouco tópicos específicos, podendo abranger uma vasta gama de assuntos, ainda que o foco principal esteja mais voltado ao desenvolvimento do programa TPM e das pessoas frente ao programa (SOUZA, 2001).

Tem um papel fundamental na criação de uma cultura de aprendizado e desenvolvimento contínuo dentro das organizações, estruturando a multiplicação de conhecimento e promovendo mudanças comportamentais no ambiente industrial (SOUZA, 2001).

#### 2.3.5 Pilar C.I. (Controle Inicial)

Este pilar é também referido como “Gestão Antecipada” e tem como objetivo principal garantir que equipamentos recém-instalados, novos produtos e novos processos apresentem desempenho eficaz dentro dos padrões de aceitação pré-definidos (SOUZA, 2001).

Essa garantia é obtida por meio de uma abordagem sistemática de gestão dos projetos de desenvolvimento. Considerando os objetivos do TPM, as atividades desenvolvidas pelo pilar estão voltadas ao apoio dos pilares e da manutenção (SOUZA, 2001).

Para Shingo (1996), a falta ou má gestão do histórico do equipamento é responsável direto por deficiências no processo de manutenção dos ativos, sendo necessário um sistema de gestão unificado (sistematizado), o que é suprido por meio do pilar.

### 2.3.6 Pilar M.Q. (Manutenção da Qualidade)

O pilar Manutenção da Qualidade atua sobretudo na prevenção de defeitos, realizando a gestão por processos por meio de uma abordagem proativa, que consiste em verificar e medir as condições de equipamento e processo regularmente para garantir que estejam adequadas aos padrões e, em caso de desvios, tratá-los preventivamente (PAULA et al., 2010).

Para Suzuki (1992), o impacto do desempenho do equipamento sobre a qualidade do produto final é crucial, portanto estabelecer as condições de processo necessárias para a produção de produtos perfeitos do ponto de vista da qualidade é essencial. Assim, o pilar define as condições ideais do processo para a obtenção de zero defeitos, o padroniza e o monitora, atuando analiticamente na ocorrência de falhas e defeitos de qualidade.

### 2.3.7 Pilar Office (Administrativo e Apoio)

Esse pilar atua na redução das perdas nos processos administrativos, estendendo os conceitos de TPM para o escritório, promovendo a melhora das condições e ambiente de trabalho e redução de custos administrativos (NAKAJIMA, 1988; JIPM, 2002). O conceito de perdas administrativas está fortemente ligado a processos de informação, que necessitam de assertividade e precisão (PRADO FILHO; RIBEIRO, 2013).

Ocorre através deste pilar o envolvimento de setores como logística, desenvolvimento/recursos humanos e demais áreas de apoio (SHARMA et al., 2012).

Pode-se mencionar como resultados tangíveis deste pilar o aumento de engajamento dos colaboradores, a redução do trabalho repetitivo, a diminuição dos custos administrativos e de manutenção e de estoque e a criação de um ambiente de trabalho mais agradável (NAKAJIMA, 1988; JIPM, 2002).

### 2.3.8 Pilar SSMA. (Saúde, Segurança e Meio Ambiente)

De acordo com Suzuki (1992), o pilar Saúde, Segurança e Meio Ambiente é responsável por propiciar um ambiente de trabalho seguro e agradável com foco em

zero acidentes (ocupacionais e ambientais), reduzindo também os impactos dos processos produtivos no meio ambiente.

Para atingir seu objetivo principal, o pilar dá foco em ações para a melhora da ergonomia, eliminação de condições inseguras e riscos no ambiente de trabalho, traçando uma estratégia de prevenção para mitigação destes pontos (GALVÃO, 2008).

Venkatesh (2007) argumenta que para o estabelecimento de um processo com zero acidentes e condições inseguras por meio deste pilar, é necessário criar um local de trabalho que não seja afetado pelo processo e pelos procedimentos particulares de cada indústria.

## 2.4 Metodologia Kaizen

*Kaizen* é uma palavra de origem japonesa que consiste na junção de outras duas - '*Kai*', que significa mudança e '*Zen*', que significa para melhor. Segundo Oliani et al. (2016), o *kaizen* como metodologia envolve melhorias graduais feitas continuamente, com estratégias de baixo investimento e com ações práticas e orientadas a processos, seja na criação de novos ou na modificação/inação dos já existentes. O *kaizen* funciona pela aplicação do ciclo PDCA.

O ciclo PDCA é uma ferramenta de gestão da qualidade amplamente utilizada em vários setores dos mais variados ramos e é dividido em 4 etapas (VARGAS et al., 2023), como descrito no Quadro 3.

Quadro 3 - O ciclo PDCA

PDCA	Fluxo	Etapa	Objetivo
P	1	Identificação do problema	Definir claramente o problema/processo e reconhecer sua importância.
	2	Observação	Investigar as características específicas do problema/processo, com uma visão ampla e sob vários pontos de vista.
	3	Análise	Descobrir a causa fundamental.
	4	Plano de ação	Conceber um plano para bloquear a causa fundamental.
D	5	Execução	Bloquear a causa fundamental.
C	6	Verificação	Verificar se o bloqueio foi efetivo,
A	7	Padronização	Prevenir contra o reaparecimento do problema.
	8	Conclusão	Recapitular todo o método de solução do problema para trabalhos futuros.

Fonte: Adaptado de Vieira (2007).

A primeira etapa consiste na etapa de planejamento (*Plan*), onde o problema é formulado e investigado. Isto implica em dar clareza ao fenômeno, formulando-o precisamente e definindo objetivos mensuráveis para o processo em estudo. Os processos que têm algum impacto sobre o problema são listados e analisados ao lado de outros dados relevantes para o estudo. Ainda nesta fase, estabelece-se as possíveis causas raízes para o problema em estudo (VARGAS et al., 2023).

A segunda etapa é a de execução (*Do*) e nela ocorre a execução das soluções propostas na etapa de planejamento. Define-se um plano de ação compatível com a causa raiz apontada e executam-se as ações para resolução ou mitigação do problema (VARGAS et al., 2023).

Uma vez implementadas as soluções, parte-se para a terceira etapa onde ocorre a verificação (*Check*) das ações e sua efetividade é aferida através da coleta e análise de dados, que devem ser comparados com os parâmetros estabelecidos como meta na fase de planejamento (VARGAS et al., 2023).

A última etapa do ciclo é a etapa de ação (*Act*). Caso as ações tenham sido efetivas e o problema tenha sido de fato resolvido (ou atingido resultados dentro da meta definida), o processo é padronizado e os resultados são monitorados, levantando-se as oportunidades para novas frentes de trabalho utilizando o ciclo. Isso significa que a cada melhoria executada no processo por meio de um *kaizen*, um novo padrão é estabelecido e passa a ser a referência a ser melhorada em uma

nova aplicação do PDCA. Como descrito por Imai (1990), o PDCA ocorre de modo cíclico, garantindo a continuidade do *kaizen*.

Segundo Vargas et al. (2023), o PDCA é atualmente aplicado como um método no qual outras ferramentas auxiliares podem ser aplicadas em processos produtivos trazendo melhorias rápidas e efetivas de modo contínuo e incremental, o que vai ao encontro do conceito de *kaizen*. Em cada fase do PDCA, diferentes ferramentas da qualidade auxiliares podem ser aplicadas em prol do estudo.

Segundo Davis et. al. (2001), há sete ferramentas básicas da qualidade, sendo estas fluxograma, diagrama de Pareto, cartas de controle, diagrama de dispersão, diagrama de Ishikawa, histograma e lista de verificação. Estas sete ferramentas básicas da qualidade foram difundidas no Japão após a Segunda Guerra Mundial e são técnicas gráficas que auxiliam na resolução e análise dos problemas com base em dados estatísticos (VIEIRA, 2012).

Já segundo Marshall Junior et al. (2010), existem 11 ferramentas básicas, sendo estas a matriz GUT, o 5W2H, o brainstorming e a estratificação, além das 7 citadas por Davis et al. (2001).

Uma derivação do ciclo PDCA e pertinente ao TPM é o ciclo CAPDo, que consiste em uma metodologia para eliminação de perdas por meio de grupos de trabalho como o *kaizen* (TONELOTTO, 2002) (Quadro 4).

**Quadro 4 - Divisão do Ciclo CAPDo**

	Etapa	Descrição
C	1	Diagnóstico da situação anterior.
	2	Inconveniências e disposições.
A	3	Análise das causas.
P	4	Planejamento das ações.
Do	5	Implantação das ações.
	6	Verificação dos resultados.
	7	Consolidação dos resultados.

**Fonte: Adaptado de Tonelotto (2002).**

O CAPDo é uma inversão do ciclo PDCA e, enquanto o PDCA se concentra em iniciar pela etapa de planejamento, o CAPDo tem início na etapa de checagem,

em cima de um problema com causa-raiz desconhecida. A principal diferença está no objetivo final desejado, sendo o PDCA usado para direcionar esforços à uma nova visão desejada enquanto o CAPDo visa o estudo de um problema e suas causas (KAIZEN INSTITUTE BRAZIL, 2012).

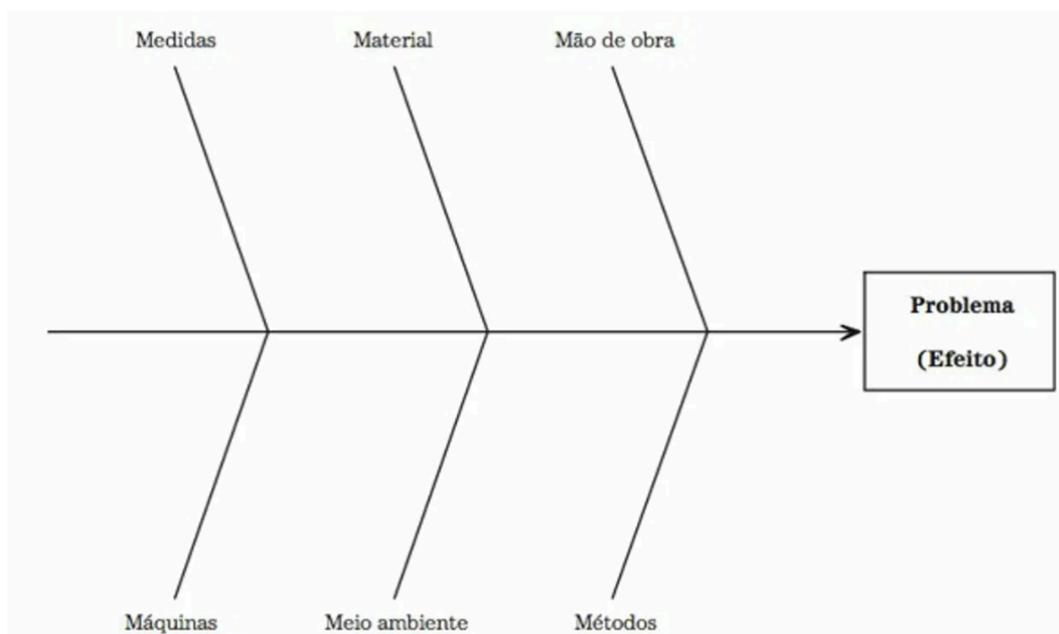
#### 2.4.1 Diagrama de Ishikawa

Também conhecido como “diagrama espinha de peixe” ou “diagrama de causa e efeito”, o diagrama de Ishikawa é uma ferramenta gráfica criada por Kaoru Ishikawa utilizada para correlacionar um problema com suas possíveis causas, apontadas durante um processo de levantamento de ideias chamado de brainstorming ou “tempestade de ideias” em tradução livre, onde o objetivo é obter um grande volume de ideias que ajudem a esclarecer as possíveis causas de um problema (VARGAS et al., 2023).

O termo “diagrama espinha de peixe” popularizou-se pela estrutura do diagrama proposto por Ishikawa, que agrupa de maneira sistemática as causas de um problema em categorias, dispondo-as graficamente de modo semelhante à espinha dorsal de um peixe (RAMOS et al., 2012).

As 6 categorias comumente encontradas no diagrama de Ishikawa são mão de obra, máquina, método, matéria-prima, medida e meio-ambiente (Figura 2).

Figura 2 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Ramos et al. (2012).

#### 2.4.2 Brainstorming

Brainstorming é uma ferramenta simples que utiliza o conhecimento dos integrantes do grupo de análise para realizar inferências sobre as possíveis causas do problema abordado (COSTA, 1991), justificando sua tradução como “tempestade de ideias”. É uma ferramenta utilizada em conjunto com o diagrama de Ishikawa, usada para alimentar o diagrama com ideias (WERKEMA, 1995).

Apesar de ser uma ferramenta simples, é melhor aproveitada quando utilizada de modo estruturado. Dessa forma, Rodrigues (2006) estrutura o brainstorming em etapas, sendo estas:

1. Escolha do coordenador da sessão de brainstorming;
2. Anotação das ideias de cada participante;
3. Priorização dos problemas.

#### 2.4.3 Matriz GUT

A matriz GUT é um método para a priorização de problemas com base em três fatores, gravidade (G), urgência (U) e tendência (T). Estes três fatores

referem-se, em sequência, às consequências negativas do problema, o tempo necessário e disponível para sua correção e o comportamento temporal do problema (sua evolução ao longo do tempo) (COLENGHI, 2003).

Os problemas são listados e cada fator (G, U e T) recebe uma nota de 1 a 5, sendo a nota final um produto da multiplicação das notas atribuídas a cada fator, resultando em uma pontuação final que dita a priorização (ou seja, os problemas com maior pontuação na matriz GUT são aqueles que devem ser priorizados) (COLENGHI, 2003). A Figura 3 apresenta um modelo de estrutura da Matriz GUT.

**Figura 3 - Estrutura da Matriz GUT**

Organização:										
Processo:										
Problemas						G	U	T	Total	Priorização
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										

Fonte: Chiavenato (2005).

#### 2.4.4 Os 5 Porquês

O método dos 5 porquês consiste em uma ferramenta criada por Taiichi Ohno utilizada para encontrar a causa raiz de um determinado problema através de repetidos questionamentos do tipo “por quê?”, e seu nome vem do fato de em geral 5 porquês serem suficientes para se chegar à causa raiz, ainda que possa ser replicado com menos iterações (Figura 4) (WEISS, 2011).

Weiss (2011) oferece um guia prático para a aplicação do método, adaptado a seguir:

- Passo 1: Afirmativa do problema (fenômeno em análise);

- Passo 2: Questionamento de por que a afirmação anterior ocorre;
- Passo 3: Repita o processo para a segunda afirmação; e
- Passo 4: Repita o processo até que não se possa mais executar nenhum “por quê?” - a última resposta será a causa raiz.

**Figura 4 - Estrutura da análise dos 5 porquês**

FENÔMENO	POR QUÊ?				

**Fonte: Adaptado de Weiss (2011).**

#### 2.4.5 5W2H

O 5W2H é uma metodologia criada na indústria automobilística japonesa que tem como intuito orientar a concepção e o acompanhamento de planos de ação, não se limitando somente a problemas de gestão da qualidade ou engenharia (FREITAS et al., 2020).

Esta ferramenta divide as ações a serem executadas em etapas estruturadas por perguntas, dando origem ao nome da ferramenta. Estas perguntas são: *What?* - “O quê?”, *Why?* - “Por quê?”, *Who?* - “Quem?”, *Where?* - “Onde?”, *When?* - “Quando?”, *How?* - “Como?” e *How much?* - “Quanto?” (FREITAS et al., 2020).

O 5W2H, do modo como é estruturado, garante que todas as informações básicas sejam devidamente apresentadas antes da execução das ações sem sacrificar o entendimento destas. Por ser claro, objetivo e simples em entendimento

e elaboração, também é comum sua aplicação no planejamento estratégico e de projetos (MEIRA, 2003).

Para Verri (2015), um plano de ação deve incluir as ações, seus prazos de execução e os responsáveis, critérios atendidos integralmente pela ferramenta 5W2H (Figura 5).

**Figura 5 - Plano de ação elaborado com a ferramenta 5W2H**

O que?	Quem?	Onde?	Por quê?	Quando?	Como?	Quanto?
Aumentar a temperatura do forno	José	Forno 2W5C	Diminuição da duração do processo	01/maio	Aumentar potência do motor	Aumento de 0,5% do custo operacional
Incluir inspeção durante o processo	Carlos	Linha 17	Diminuir refugo	05/junho	Aumentar um operador	1 salário + benefícios
Reunião de segurança no início do turno	Larissa	Unidade de BH	Diminuição de acidentes	07/maio	Reunião com o supervisor de segurança	5 minutos iniciais do turno (Custo zero)
Comprar novo sistema de manutenção	Roberto	Unidade SP	Muitos dias fora da meta de produção	01/março	Implantação de novo sistema pela Manutenção	R\$ 20.000,00

**Fonte: Adaptado de Galateia (2023).**

É possível utilizar o 5W2H de modo simplificado, na forma de 5W1H, suprimindo os custos (“*how much?*”) quando estes não são relevantes ou não existem, sendo usado da mesma forma e com a mesma finalidade da ferramenta completa no formato 5W2H (Figura 6) (FERREIRA et al., 2014).

Figura 6 - Estrutura da ferramenta 5W1H

PLANO DE AÇÃO - 5W1H					
O QUÊ?	COMO?	ONDE?	POR QUÊ?	QUEM?	QUANDO?

Fonte: Adaptado de Ferreira et al. (2014).

## **3 METODOLOGIA**

### **3.1 Perfil da Empresa**

A empresa na qual o estudo de caso foi realizado é considerada uma das 500 maiores empresas do Sul do Brasil, está em atividade há mais de 60 anos e atua nos segmentos de papel, reflorestamento, agricultura e energia. Aplica a metodologia TPM em suas atividades industriais há mais de 20 anos.

No segmento de papel, atende ao mercado nacional e internacional de imprimir e escrever, de sacolas e embalagens, decorações, impressões gráficas e outros, comercializando produtos com alta resistência, alta capacidade de impressão e alto poder de rolamento e impregnação com segurança e produtividade.

Além do mercado de papel, a empresa conta com três unidades geradoras hidrelétricas com um potencial de geração de 40 MW/h, abastecendo mais de 290 residências.

Atua também no ramo agrícola, produzindo milho, soja e trigo com silos próprios com capacidade de armazenamento de 35 mil toneladas, sendo eleita pela Revista Globo Rural como modelo de fazenda mais sustentável. Conta também com 12 mil hectares de florestas plantadas e áreas de preservação permanente. Todos os produtos têm certificação FSC desde 2009, com adoção de práticas sustentáveis e economicamente viáveis.

### **3.2 Análise e Contextualização do Problema**

A pesquisa desenvolvida é de natureza aplicada e aborda o problema de forma quantitativa, pois os dados em análise são objetivos e possibilitam uma análise estatística. Do ponto de vista de seus objetivos, esta pesquisa pode ser classificada como explicativa, visando correlacionar um fenômeno real com seus fatores causadores.

O trabalho aborda um estudo de caso da aplicação da metodologia kaizen para redução de um problema de qualidade presente no processo produtivo de uma empresa de papel da região de Guarapuava e busca verificar sua eficácia para a redução da perda de material por este defeito de qualidade. Este defeito de qualidade é chamado pela empresa de “papel fichado” ou “bobina fichada” e ocorre

quando a bobina de papel (produto final) apresenta um ou mais vãos (espaços) visíveis entre duas voltas de folha, caracterizando um desvio com relação à condição padrão para o produto. A forma de identificação do defeito é visual, sendo claramente visível no produto.

A escolha da metodologia a ser empregada para a redução do defeito de qualidade se deu com base na perda em análise. Internamente, a empresa pesquisada não define o problema como crônico, logo a metodologia kaizen é adequada para o nível de complexidade do problema, já que nela se utilizam somente ferramentas gráficas básicas, tem baixo (ou nenhum) custo e rápida execução/validação. Este processo e suas etapas se encaixam no ciclo CAPDo descrito em parágrafos anteriores.

A equipe formada para a execução do trabalho de kaizen foi formada por uma seleção multidisciplinar de colaboradores, contando com representantes de grupo autônomo (produção/operação), pilares do TPM e departamento de controle de qualidade. A escolha se deu com o intuito de potencializar as análises, envolvendo pessoas de diferentes áreas e especialidades.

### **3.3 Metodologia Aplicada**

A primeira etapa do trabalho teve como objetivo esclarecer o fenômeno observado em maior nível de detalhes, tarefa executada por meio da ferramenta 5W1H como evidenciado no Quadro 5. Optou-se pela ferramenta 5W1H para esclarecer o fenômeno por conta de sua estrutura/formulação ser bem direcionada, guiando o esclarecimento do problema por meio de perguntas.

Esta forma de utilização da ferramenta é padronizada dentro da empresa pesquisada para grupos de *kaizen* como este. Para o plano de ação, foi novamente preferido em alternativa ao 5W2H por conta das ações a serem executadas serem focadas no processo e não em novas aquisições, respeitando o objetivo da análise (baixo/zero custo e rápida execução).

Quadro 5 - Esclarecimento do fenômeno

O que?	Papel fichado	Fenômeno
Onde?	Saída da formação até a enroladeira da MP1	Perdas por papel fichado nas gramaturas entre 90 e 180 g/m <sup>2</sup> que ocorrem na produção de todos os papéis, entre a saída da formação e enroladeira na MP1, acontece entre as viradas de rolo e no início da estanga (quando começa enrolar o papel), o problema pode depender ou não da habilidade do operador.
Quanto?	Durante a produção de papéis.	
Quem?	Depende da habilidade do operador	
Qual?	A incidência está maior com gramaturas acima de 90 g/m <sup>2</sup>	
Como?	Ocorre durante as viradas de rolo e no início da estanga (quanto começa enrolar papel)	

Fonte: Autoria própria (2024).

Para melhor entendimento do que significa cada pergunta do 5W1H no contexto do esclarecimento do fenômeno estudado, a equipe teve como direcionamento as seguintes descrições para cada pergunta, a fim de direcionar a análise e facilitar a compreensão da ferramenta:

- *What* / O que?  
Onde você está vendo o problema? (falha, quebra, perda)
- *Where* / Onde?  
Onde você está vendo o problema? (linha/máquina/local)
- *When* / Quando?  
Quando você está vendo o problema? (momento em que ocorre)
- *Who* / Quem?  
O problema está relacionado com a habilidade? (depende da habilidade do operador?)
- *Which* / Qual?  
De que modo a tendência está se desenvolvendo? (aleatória ou há um padrão; descrever o padrão)

- *How / Como?*

Como que ocorreu o problema? (como difere da condição padrão)

A segunda etapa do trabalho, após esclarecido o fenômeno, consistiu na execução de um *brainstorming* para levantar as possíveis causas do fenômeno abordado. O *brainstorming* foi utilizado para se levantar todas as possibilidades para o fenômeno (defeito), buscando listar fatores variados e de acordo com a alocação 6M.

Nenhuma causa relacionada à medida ou meio ambiente foi levantada no trabalho, e das 30 causas levantadas, 28 delas foram relacionadas à máquina ou mão de obra.

As causas ligadas à máquina, por serem mais numerosas, são apresentadas de maneira separada no Quadro 6.

No Quadro 7, são apresentadas todas as causas levantadas, alocadas em colunas com base nos 6M.

**Quadro 6 - Alocação 6M: Máquina**

<b>Máquina</b>
Ficha revela no rolo guia 1 da rebobinadeira
Ficha no momento que estabiliza a velocidade
Ficha na entrada do nip2
Ficha na régua abridora 1 antes do rolo contra-facas
Ficha na saída do cilindro 1
Ficha no rolo curvo antes da enroladeira
Régua abridora 2 depois do rolo contra-facas
Ficha no meio do 1º grupo
Ficha no rolo guia 2
Ficha no início do rebobinamento
Ficha no meio do 2º grupo
Ficha durante a troca de rolos ao abaixar o garfo até dar pressão na alavanca.
Ficha no momento que começa a baixar a velocidade quando é virado o rolo mãe com duas tiradas
Ficha no rolo curvo em cima do monolúcido
Ficha no meio do rolo sem motivo visual detectado
Ficha por rolo carga desnivelado
Ficha na entrada do nip1

**Fonte: Autoria própria (2024).**

Quadro 7 - Alocação 6M

Método	Medida	Mão de obra	Meio ambiente	Máquina	Material
Régua abridora 2 depois do rolo contra-facas		Régua abridora 1 antes do rolo contra-facas		Ficha revela no rolo guia 1 da rebobinadeira	Ficha utilizando sistema de troca de rolos com ar comprimido
		Ficha na saída da 1ª prensa		Ficha na régua abridor 1 antes do rolo contra-facas	
		Ficha na saída da 2ª prensa		Régua abridora 2 depois do rolo contra-facas	
		Ficha na saída do cilindro 1		Ficha no início do rebobinamento	
		Ficha na entrada do mon		Ficha no momento que começa a baixar a velocidade quando é virado o rolo mãe com duas tiradas	
		Ficha na entrada do monolúcido		Ficha por rolo carga desnivelado	
		Ficha na saída do monolúcido		Ficha no momento que estabiliza a velocidade	
		Ficha na saída da <i>size press</i>		Ficha na saída do cilindro 1	
		Ficha na saída do 5º grupo		Ficha no meio do 1º grupo	
		Ficha na entrada do <i>nip2</i>		Ficha no meio do 2º grupo	
		Ficha no rolo curvo antes da enroladeira		Ficha no rolo curvo em cima do monolúcido	
		Ficha no rolo guia 2		Ficha na entrada do nip1	
		Ficha por passe irregular da estanga		Ficha na entrada do nip2	
				Ficha no rolo curvo antes da enroladeira	
				Ficha no rolo guia 2	
				Ficha durante a troca de rolos ao abaixar o garfo até dar pressão na alavanca.	
				Ficha no meio do rolo sem motivo visual detectado	

Fonte: Autoria própria (2024).

Com as possíveis causas dispostas na tabela acima, a próxima etapa consistiu na discussão de quais são as principais através de um processo de priorização. Por decisão da equipe, não houve o uso de nenhuma ferramenta estruturada na priorização (como a matriz GUT), sendo feita qualitativamente através da *expertise* e *know-how* dos integrantes do grupo, levando em conta fatores como condições atuais da empresa no quesito processo, máquina, manutenção e custos.

Após a priorização, as ideias que não foram descartadas foram posteriormente discutidas por meio da ferramenta dos 5 Porquês com o objetivo de identificar suas causas raízes e propor ações que as mitiguem ou eliminem. Os Quadros 8 e 9 apresentam o processo de análise dos 5 Porquês dos fenômenos priorizados.

**Quadro 8 - 5 Porquês (Mão de obra)**

FENÔMENO	POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?	AÇÃO CORRETIVA	ALOCAÇÃO 6M
Régua abridora 1 antes do rolo contra-facas	Régua desajustada	Operador não ajustou				Instruir operadores	Mão de obra
Ficha por passe irregular da estanga	Falta de ajuste					Verificar possibilidade de criar padrão por papel	Mão de obra

**Fonte: Autoria própria (2024).**

### Quadro 9 - 5 Porquês (Máquina)

FENÔMENO	POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?	POR QUÊ?	AÇÃO CORRETIVA	ALOCÇÃO 6M
Ficha revela no rolo guia 1 da rebobinadeira	Mesa desbobinadeira atravessada	Trava abriu	Muita vibração	Folga na mesa	Equipamento desgastado	Verificar juntamente com a manutenção sobre o desgaste que causa a folga	Máquina
Ficha na régua abridora 1 antes do rolo contra-facas	Falta de condições de ajuste da régua	Rótulas desgastadas	Equipamento desgastado por tempo de uso			Verificar com a manutenção quanto ao desgaste	Máquina
Régua abridora 2 depois do rolo contra-facas	Falta de ajuste da régua	Rótulas desgastadas	Equipamento desgastado por tempo de uso			Verificar com a manutenção quanto ao desgaste	Máquina
Ficha no início do rebobinamento	Gramaturas altas	Pouco freio	Falta ajustes das lonas de freio	Lonas desgastadas		Verificar com manutenção plano de inspeção das lonas	Máquina
Ficha no momento que estabiliza a velocidade	Falta freio em gramaturas altas viradas com 2 tiradas	A válvula abre 100% e não gera freio suficiente	As lonas estão desgastadas			Verificar com manutenção plano de inspeção das lonas	Máquina
Ficha no momento que começa a baixar a velocidade quando é virado o rolo mãe com duas tiradas	Está com pouco freio	Falta de ajuste das lonas	As lonas estão desgastadas			Verificar com manutenção plano de inspeção das lonas	Máquina
Ficha por rolo carga desnivelado	Falta sincronismo dos pistões pneumáticos					Verificar com instrumentação plano de manutenção preventiva	Máquina
Ficha no rolo guia 2	Rolo atravessado					Verificar alinhamento	Máquina
Ficha durante a troca de rolos ao abaixar o garfo até dar pressão na alavanca.	Existe diferença de pressão entre o pistão da trava da estanga e a alavanca.	Um é pneumático e outro hidráulico				Verificar possibilidade de instalar regulador de pressão no pistão pneumático.	Máquina
Ficha no meio do rolo sem motivo visual detectado	Existe regulador de pressão na alavanca individual para L.A. e L.C., portanto alimentação por válvulas individuais e sem histórico de variação.	Não tem pressostato ligado ao QCS para buscar histórico de variação	Falta ligar pressostato ao QCS			Ligar pressostato ao QCS	Máquina

Fonte: Autoria própria (2024).

Para cada causa raiz, foram elencadas uma ou mais ações propondo a mitigação ou bloqueio de seus efeitos. A organização destas ações foi feita por meio da ferramenta 5W1H', exibida no Quadro 10 onde os responsáveis foram omitidos intencionalmente:

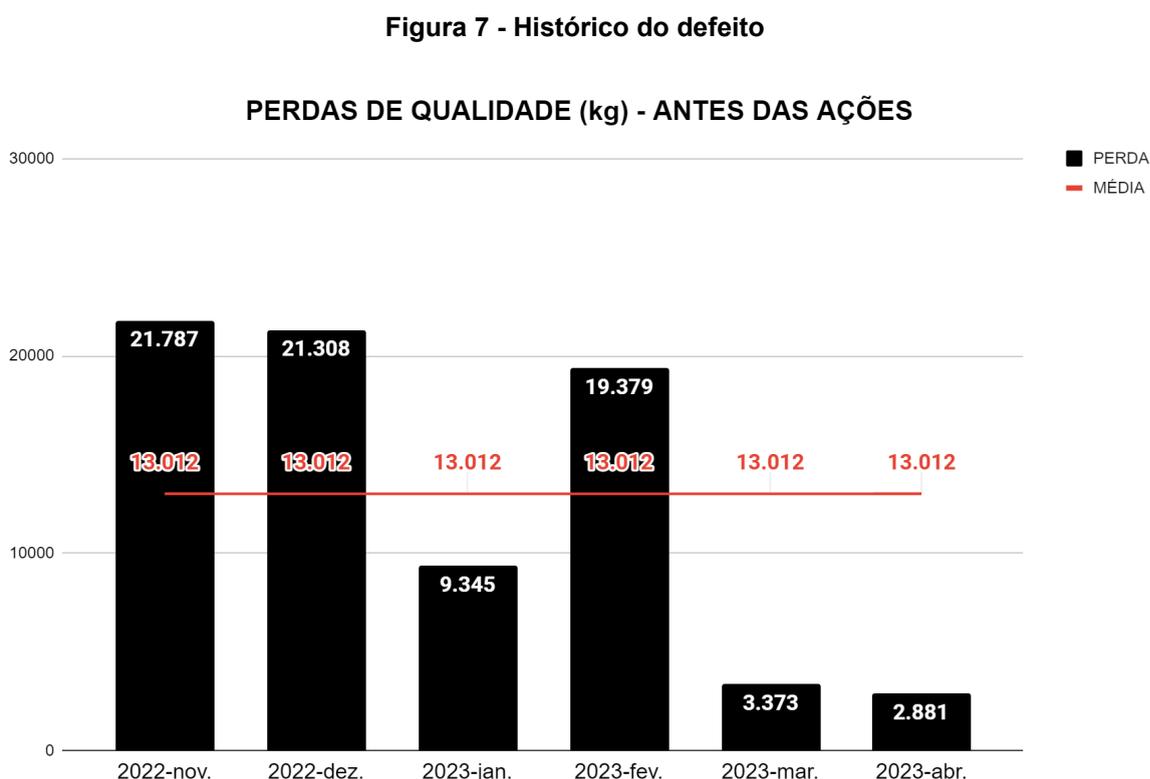
### Quadro 10 - Plano de Ação

Nº	O Quê?	Como?	Onde?	Por quê?	Quem?	Quando?	Status
1	TROCA DE TURN-UP	SUBSTITUIDO TURN-UP ANTIGO POR MODELO NOVO	ENROLADEIRA	O MODELO ANTIGO AO APRESENTAR FALHA ERA NECESSARIO VIRAR ROLO NO AR, FAZENDO COM QUE O PAPEL FICHASSE NO INICIO	-	PG 2023 23/05/23	Concluído
2	RETORNO DA CONDIÇÃO BASICA DA ENROLADEIRA	ROLO DA ENROLADEIRA RETIRADO PARA REPARO E RETIFICA	ENROLADEIRA	ROLO DESUNIFORME, FACILITAVA FICHADO NA ENROLADEIRA, PRINCIPALMENTE EM GRAMATURAS ALTAS	-	PG 2023 23/05/23	Concluído
3	ALINHAMENTO DO RASPADOR DA ENROLADEIRA	RETIRADO E ALINHADO RASPADOR DA ENROLADEIRA	ENROLADEIRA	RASPADOR DESALINHA DO PODE CAUSAR FICHAS	-	PG 2023 23/05/23	Concluído
4	TOPOGRAFIA DA ENROLADEIRA	TOPOGRAFIA PARA IDENTIFICAR DESNIVEL DA ENROLADEIRA	ENROLADEIRA	DESNIVEL DA ENROLADEIRA PODE CAUSAR FICHAS	-	PG 2023 23/05/23	Concluído
5	FICHA DURANTE A TROCA DE ROLOS AO ABAIXAR O GARFO ATÉ DAR PRESSÃO NA ALAVANCA.	Verificar com a manutenção	ENROLADEIRA	VERIFICAR PLANO DE MANUTENÇÃO	-	30/08/2023	Concluído
6	AJUSTES DE PASSE NA MÁQUINA	Realizada nova ITR 0165 treinamento	ENROLADEIRA	TREINAR EQUIPE OPERACIONAL	-	30/09/2023	Concluído

Fonte: Autoria própria (2024).

## 4 RESULTADOS

Como evidenciado no plano de ação, as ações para bloqueio do defeito foram executadas do período de maio de 2023 à setembro de 2023, portanto é válido iniciar uma comparação do período anterior e posterior à maio (onde as primeiras ações foram tomadas). A Figura 7 apresenta o histórico de perdas de qualidade pelo defeito mencionado no período anterior à maio (6 meses):

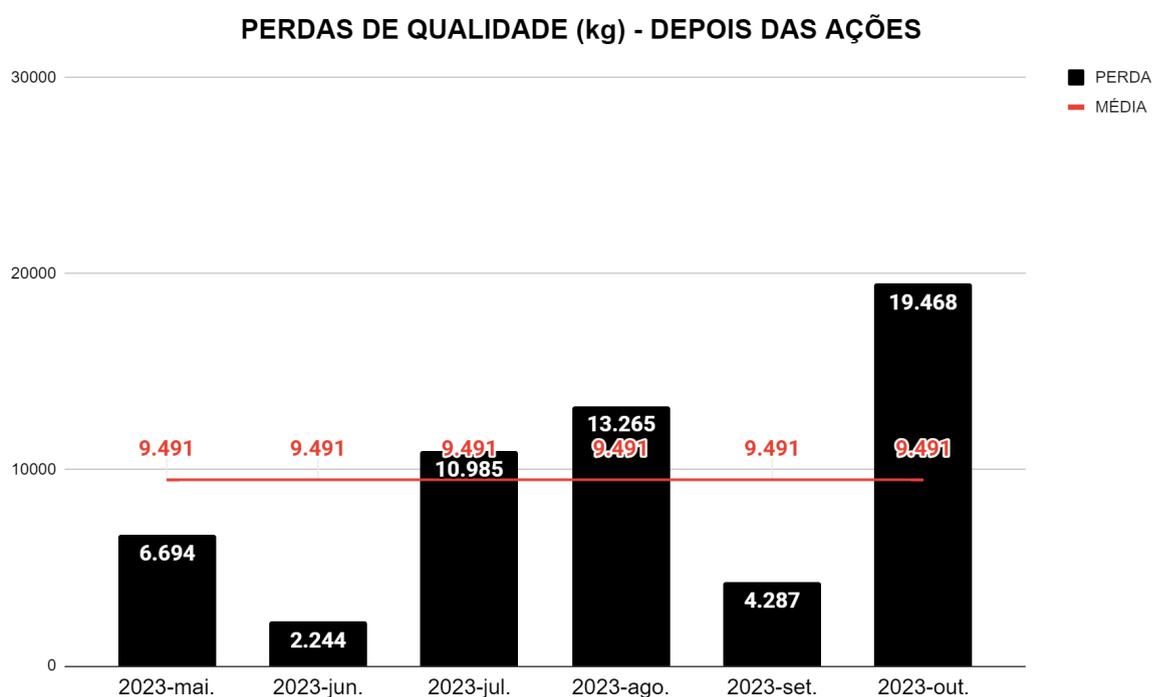


Fonte: Autoria própria (2024).

Para o período analisado (novembro de 2022 a maio de 2023), os dados mostraram uma perda média mensal de 13.012 kg (13 toneladas), representada pela linha vermelha no gráfico.

O acompanhamento dos resultados se iniciou já durante a execução do *kaizen*, tendo em vista a execução e validação gradual das ações. Os resultados mostraram uma redução de 27,06% na média mensal em toneladas para o defeito considerado, saindo de 13 ton/mês para 9,5 ton/mês como evidenciado na Figura 8.

**Figura 8 - Resultados após o kaizen**

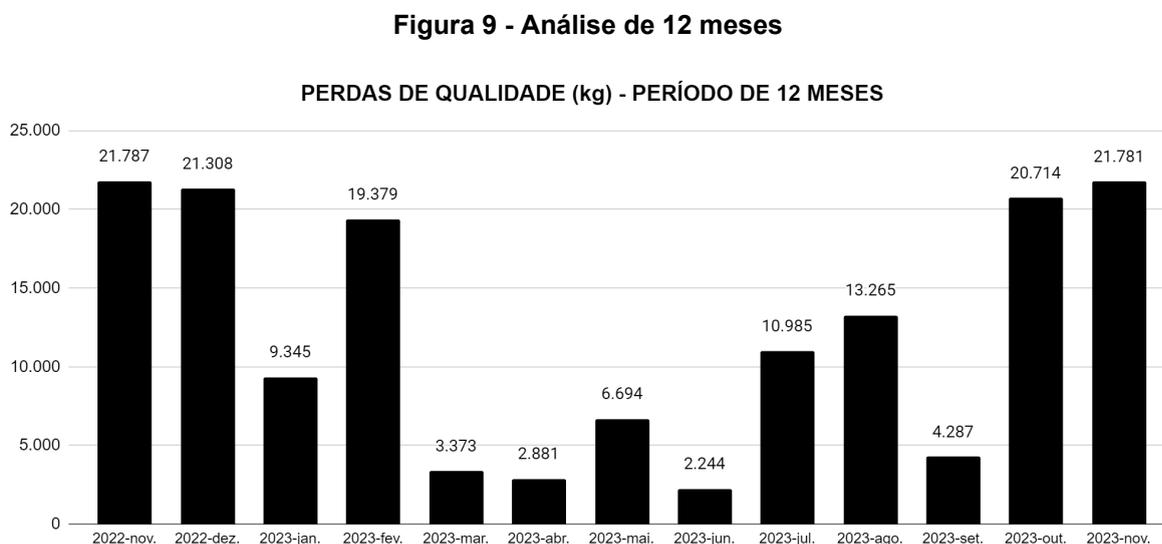


Fonte: Autoria própria (2024).

Após o início da execução das ações levantadas pelo time de *kaizen*, foi possível alcançar uma redução no valor da média mensal da perda. Entretanto, uma análise mais detalhada revela que a redução no valor médio se deu por conta de valores baixos para os meses de maio, junho e setembro, deslocando a média para baixo, sendo possível observar valores altos acima de 10.000 kg/mês, assim como no período anterior à execução das ações.

Analisando um período de 12 meses, considerando o intervalo de novembro/22 até novembro/23, nota-se que de fato não houve uma tendência de redução, e que a diminuição da média de perda mensal se deu por conta de valores

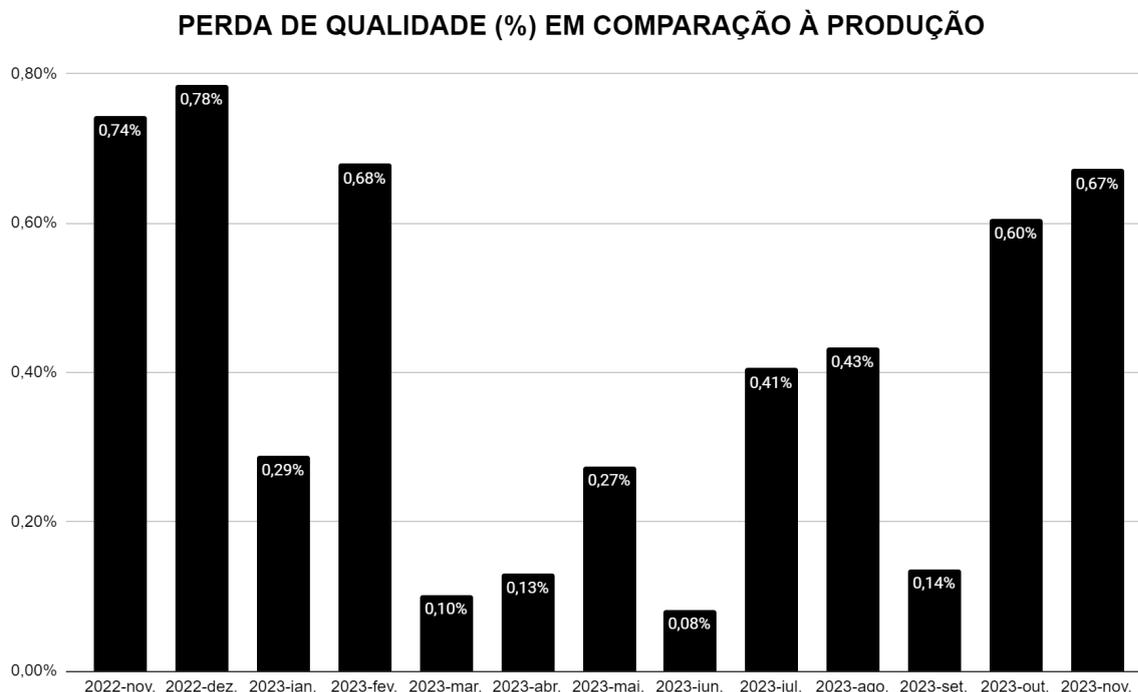
atipicamente baixos no período analisado (6 meses). O gráfico na Figura 9 apresenta os dados para o período descrito.



**Fonte: Autoria própria (2024).**

Também foi considerado o efeito da produção vendável de papel nesta máquina para o período analisado, a fim de entender se variação da perda teve comportamento semelhante quando comparada ao volume total produzido durante o período. A Figura 10 apresenta as perdas de qualidade em relação à produção neste período.

Figura 10 - Perda em relação à produção



**Fonte: Autoria própria (2024).**

Uma análise do gráfico na Figura 10 mostra que de fato não houve diminuição do defeito abordado após o kaizen, com valores de perda muito próximos àqueles ocorridos no período antes do início das ações quando analisados considerando o volume de produção.

Analisando o plano de ação, nota-se uma correlação entre as ações executadas em maio/23 e a redução das perdas no mês seguinte, totalizando uma redução de aproximadamente 4 toneladas (66%) em relação ao mês de maio (onde as ações de maior complexidade e impacto foram executadas), indicando que as ações tiveram efeito positivo imediatamente sua execução.

As ações executadas em agosto/23 e setembro/23 não podem ser consideradas bem sucedidas, pois analisando os gráficos nas figuras 9 e 10, percebe-se um aumento nos meses finais do ano, com exceção do mês de setembro/23. As ações executadas durante este período não têm relação com as anteriores, executadas em maio, que consistiam em ações de manutenção.

Contudo, cabe destacar alguns pontos positivos e desafios da metodologia conforme apresentado. Entre os pontos positivos, destaca-se a simplicidade e a estruturação do kaizen, que permitem uma rápida implementação das ações e a

utilização de ferramentas de qualidade bem estabelecidas, como o PDCA e suas variações, o diagrama de Ishikawa e o diagrama de Pareto, além destas ferramentas serem de fácil compreensão e aplicação, auxiliando na identificação das causas raízes dos problemas e na implementação de soluções direcionadas. Além disso, o kaizen promove o envolvimento dos colaboradores e a colaboração entre diferentes departamentos, o que resulta em uma maior conscientização sobre a importância da qualidade e na melhoria do ambiente de trabalho, e isto pôde ser observado na execução do time de kaizen, que contou com representantes dos setores de operação, qualidade e manutenção, integrando áreas chave na investigação de um problema de qualidade.

Por outro lado, a falta de treinamento adequado e a resistência à mudança por parte dos colaboradores são fatores que podem comprometer a eficácia das ações do kaizen. Neste trabalho, entretanto, nota-se que somente uma das ações elencadas envolve treinamento/educação (ação “treinar equipe operacional”) e portanto a resistência à mudança não foi reconhecida como um fator crítico.

Além disso, a variação no mix de produção não foi totalmente considerada pela equipe, o que pode ter impactado negativamente os resultados observados já que a ocorrência deste defeito em específico pode ser mais recorrente em certos tipos de papel. Neste kaizen, houve um estudo inicial com base na gramatura, observando que a perda foi maior em papéis com gramatura entre 90 e 180 g/m<sup>2</sup>, mas outras variáveis de produto também podem exercer influência sobre a perda, exigindo uma análise de dados mais aprofundada.

Outro ponto importante a se considerar foi no esclarecimento do fenômeno no início do estudo. Após o 5W1H, a equipe chegou à conclusão de que a incidência deste defeito era maior em papéis com gramatura entre 90 e 180 g/m<sup>2</sup>. Entretanto, após este ponto, pouco se explorou ações específicas para papéis deste intervalo de valores, com causas raízes levantadas de forma generalista, considerando todas as faixas de gramatura.

## 5 CONCLUSÃO

A aplicação da metodologia *kaizen* não resultou em uma redução efetiva das perdas ocasionadas pelo defeito estudado, indo de encontro à hipótese deste trabalho. Conclui-se, portanto, que apesar da simplicidade do método, as ações tomadas pelo time de *kaizen* não foram efetivas na mitigação da perda, pois as ações executadas (maio/23) tiveram uma redução significativa somente no mês seguinte (junho/23), não se mantendo nos meses posteriores.

Para trabalhos futuros sugere-se a execução de um novo ciclo de melhoria, com um novo *kaizen* atacando outras possíveis causas não priorizadas pela equipe neste trabalho e explorando outros dados não coletados durante o *kaizen* apresentado, como os citados anteriormente.

## REFERÊNCIAS

- CHIAVENATO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.
- COLENGHI, Vitor Mature. **O&M e Qualidade Total: Uma Interpretação Perfeita**, 2ª ed. – Rio de Janeiro: Qualitymark, 2003.
- COSTA, M. L. **Como Imitar os Japoneses e Crescer**. Florianópolis: EDEME, 1991.
- COSTA, M. P. D. **Aplicação da Metodologia TPM para a Redução da Perda de Extrato em Uma Enchedora de Latas**. São Paulo: USP Lorena, 2014. Disponível em: <http://sistemas.eel.usp.br/bibliotecas/monografias/2014/MEQ14067.pdf>.
- DAVIS, Mark M.; AQUILANO, Nicholas J.; CHASE, Richard B. **Fundamentos da Administração da Produção**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed S.A, 2001.
- FERREIRA, M. A.; OLIVEIRA, U. R.; GARCIA, P. A. A. **Quatro Ferramentas Administrativas Integradas para o Mapeamento de Falhas: Um Estudo de Caso**. Revista UNIABEU Belford Roxo, v.7, n.16, p. 300-315, 2014.
- FREITAS, L. R., MAIA, G. L., COSTA FILHO, J. L. L. D., & CARNEIRO, J. M. **Aplicação da Metodologia de Análise e Solução de Problemas em um Centro de Distribuição de Cosméticos**. Simpósio de Engenharia de Produção, XXVII, Bauru, São Paulo, Brasil, 2020. Disponível em <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/59614>
- GALATEIA. **5W2H: O Que é e Qual a Importância para a Sua Empresa**. São Caetano do Sul, 2023. Disponível em: <https://www.galateia.com.br/o-que-e-5w2h/>.
- GALVÃO, D. **Manutenção Autônoma e Preventiva: TPM Modelo Bosh Termotecnologia SA**. Empresa: Bosh Termotecnologia SA. FEUP - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Porto, 2008.
- GOTOH, F.; TAJIRI, M. **Autonomous Maintenance in Seven Steps: Implementing TPM on the Shop Floor**. Estados Unidos: McGraw-Hill, 1999.
- SUZUKI, T. **TPM in Process Industries**. Japão: Japan Institute of Plant Maintenance, 1992.
- GREGÓRIO, Gabriela F P.; SANTOS, Danielle F.; PRATA, Auricélio B. **Engenharia de Manutenção**. Recurso eletrônico: Grupo A, 2018. E-book. ISBN 9788595025493. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595025493/>.
- IMAI, Masaaki. **Gemba Kaizen: Uma Abordagem de Bom Senso à Estratégia de Melhoria Contínua**. Grupo A, 2014. E-book. ISBN 9788582602386. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582602386/>.
- JIPM. **Critérios do Prêmio de Excelência em TPM**. Tokyo: JIPM, 2002.
- KAIZEN INSTITUTE BRASIL. **Desmistificando os Ciclos de Melhoria** (Artigo de site). Disponível em: <https://kaizeninstitutebr.wordpress.com/tag/capdo/>.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O Eucalipto e a Embrapa: Quatro Décadas de Pesquisa e Desenvolvimento.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/florestas/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1131510/o-eucalipto-e-a-embrapa-quatro-decadas-de-pesquisa-e-desenvolvimento>. Embrapa, 2021.

EPE - EMPRESA BRASILEIRA DE ENERGIA. **A Indústria de Papel e Celulose no Brasil e no Mundo: Um Panorama Geral.** Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/a-industria-de-papel-e-celulose-no-brasil-e-no-mundo-panorama-geral>. EPE, 2022.

MARSHALL JUNIOR, Isnard et al. **Gestão da Qualidade.** 10. ed. (Série gestão empresarial). Rio de Janeiro: FGV, 2010.

MCCARTHY, D.; RICH, N. **Lean TPM: A Blueprint for Change.** Inglaterra: Elsevier, 2004.

MEIRA, R. C. **As Ferramentas para a Melhoria da Qualidade.** 2 ed. Porto Alegre: SEBRAE, 2003.

NAKAJIMA, S. **Introduction to TPM (Total Productive Maintenance).** Estados Unidos: Productivity Press, 1988.

OLIANI L. H.; PASCHOALINO W. J.; OLIVEIRA W. **Ferramenta de Melhoria Contínua Kaizen.** São Paulo. 2016. Disponível em: [http://revistaunar.com.br/cientifica/documentos/vol12\\_n1\\_2016/5-FERRAMENTA%20DE%20MELHORIA%20CONT%20C3%8DNUA%20KAIZEN.pdf](http://revistaunar.com.br/cientifica/documentos/vol12_n1_2016/5-FERRAMENTA%20DE%20MELHORIA%20CONT%20C3%8DNUA%20KAIZEN.pdf).

ORTIZ, Chris A. **Kaizen e Implementação de Eventos Kaizen.** Grupo A, 2010. E-book. ISBN 9788577807390. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788577807390/>.

PAULA, L.; SILVA, M.; ROCHA, T. **Os 8 Pilares do TPM.** UNESP – Universidade Estadual Paulista e FEB – Faculdade de Engenharia de Bauru. São Paulo, 2010.

PENG, K. **Equipment Management in the Post-Maintenance Era: A New Alternative to Total Productive Maintenance (TPM).** Estados Unidos: CRC Press, 2012.

PRADO FILHO, Hayrton Rodrigues do; RIBEIRO, Haroldo. **Total Productive Maintenance (TPM): Manutenção Produtiva Total.** Banas Qualidade Report. Editora: Epse. 2013.

RAMOS, Edson M. L. S.; ALMEIDA, Sílvia S.; ARAÚJO, Adrilayne R. **Controle Estatístico da Qualidade.** Porto Alegre: Grupo A, 2012. E-book. ISBN 9788565837453. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788565837453/>.

RODRIGUES, Marcos Vinicius Carvalho. **Ações para Qualidade GEIQ: Gestão Integrada para Qualidade, Padrão Seis Sigma, Classe Mundial.** 2ª ed. - Rio de Janeiro: Qualitymark, 2006.

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de Produção do Ponto de Vista da Engenharia de Produção**. Porto Alegre: Bookman, 1996.

SOUZA, J. **A Manutenção Produtiva Total na Indústria Extrativa Mineral: A Metodologia TPM como Suporte de Mudanças**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

SUZUKI, T. **TPM in Process Industries**. Japão: Japan Institute of Plant Maintenance, 1992.

TONDATO, Rogerio. **Manutenção Produtiva Total: Estudo de Caso na Indústria Gráfica**. 2004. 119 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Com ênfase em Gerência da Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5167/000466112.pdf>.

VARGAS, A. et al. **The PDCA Cycle for Industrial Improvement**. Springer, 2023.

VIEIRA, Geraldo Filho. **Gestão da Qualidade Total: Uma Abordagem Prática**. 2. ed. Campinas SP: Alínea, 2007.

VIEIRA, Sonia. **Estatística para a Qualidade**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda.

VENKATESH, J. **An Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)**. Plant Maintenance Resource Center, 2007. Disponível em [http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm\\_intro.shtml](http://www.plant-maintenance.com/articles/tpm_intro.shtml).

VERRI, L. B. **A Busca da Segurança Total e do Acidente Zero**. Joinville: Clube dos Autores, 2015.

WEISS, A.E. **Key Business Solutions: Problem-Solving Tools and Techniques That Every Manager Needs to Know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011.

WERKEMA, M.C.C. **Ferramentas Estatísticas Básicas para o Gerenciamento de Processos**. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1995.

WILLMOTT, P.; MCCARTHY, D. **TPM: A Route to World-Class Performance**. Inglaterra: Butterworth Heinemann, 2001.

YAMAGUCHI, C. T. **TPM: Manutenção Produtiva Total**. São João Del Rei: Icap Del Rei, 2005.