



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO PIAUÍ**  
**CAMPUS TERESINA CENTRAL**  
**CURSO BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**SHAYMAR DE SOUSA SOARES**

**MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM): ESTUDO DE CASO SOBRE**  
**BENEFÍCIOS DO TPM APLICADO EM EQUIPAMENTO DE LINHA DE**  
**PRODUÇÃO EM UMA INDÚSTRIA DE BEBIDAS**

**TERESINA**

**2024**

SHAYMAR DE SOUSA SOARES

MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM): ESTUDO DE CASO SOBRE BENEFÍCIOS  
DO TPM APLICADO EM UM EQUIPAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA  
INDÚSTRIA DE BEBIDAS

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)  
apresentado como exigência parcial para obtenção  
do diploma do Curso de Bacharel em Engenharia  
Mecânica do Instituto Federal de Educação,  
Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus Teresina  
Central.

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Me. Edivaldo Feitosa Pereira  
Filho.

Coorientador: Prof. Me. Edivaldo Feitosa Pereira.

TERESINA

2024

### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) de acordo com ISBD**

---

Soares, Shaymar de Sousa

S725m      Manutenção produtiva total (TPM) : estudo de caso sobre benefícios do TPM aplicado em equipamento de linha de produção em uma indústria de bebidas. / Shaymar de Sousa Soares. - 2025.  
36 f.: il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica)  
- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Campus  
Teresina Central, 2025.

Orientador : Prof Me. Edivaldo Feitosa Pereira Filho.

Coorientador : Prof Me. Edivaldo Feitosa Pereira.

1. Manutenção produtiva total (TPM). 2. Melhoria contínua . 3.  
Produtividade. I.Título.

CDD - 620

---

**Elaborado por Tanize Maria Sales CRB 3/1024**

SHAYMAR DE SOUSA SOARES

MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM): ESTUDO DE CASO SOBRE BENEFÍCIOS  
DO TPM APLICADO EM EQUIPAMENTO DE LINHA DE PRODUÇÃO EM UMA  
INDÚSTRIA DE BEBIDAS

Trabalho de Conclusão de Curso (monografia)  
apresentado como exigência parcial para obtenção do  
diploma do Curso de Bacharel em Engenharia Mecânica  
do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia  
do Piauí, Campus Teresina Central.

Aprovada em: 19 / 02 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Me. Edivaldo Feitosa Pereira Filho (Orientador)  
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

---

Prof. Me. Edivaldo Feitosa Pereira (Coorientador)  
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

---

Prof. Dra. Jayna Kátia Dionísio dos Santos  
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

---

Prof. Dr. Jose Weliton Nogueira Junior  
Instituto Federal do Piauí (IFPI)

Aos pais, avós e irmão.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado forças e clareza durante a minha graduação, por diversos momentos foi meu confidente diante das dificuldades e adversidades, que por vezes me fizeram querer desistir.

Agradeço aos meus pais, Wilcimar Soares e Iracema Maria de Sousa Soares, que compraram o meu sonho, abraçaram todas minhas dores como se fosse deles e me incentivaram ao longo dessa árdua jornada. Ao meu irmão, Nyeppson de Sousa Soares meu agradecimento por também fazer parte desse sonho e por diversas vezes me fazer voltar “ao eixo” e acreditar em mim. Ao meu avô, Aldemar José Soares, meu agradecimento por tudo que foi feito e dedicado para que esse momento se tornasse real. Essa jornada sem o apoio de vocês não teria acontecido, foram muitas renúncias, muitos momentos difíceis, mas sempre soube que eu tinha o “meu lar” comigo. Essa conquista é nossa, não é só minha.

Agradeço em especial as minhas madrinhas, Raimunda Maria de Sousa e Iraci Maria de Sousa por sempre se fazerem presente durante todo o caminho.

Agradeço em especial ao meu amigo e confidente Luiz Felipe Rodrigues, que compartilhou comigo momentos alegres, tristes, de angústia, raiva, desânimo e de muita falta de paciência, sem você esses últimos anos de curso teriam sido mais difíceis do que foram, sua cumplicidade me deu força em momentos que nem eu mesma acreditava ser capaz de superar. Agradeço aos meus amigos, Sara, Jonas, Ana Beatriz, Ysabela, Irys por toda parceria durante esses anos, vocês tornaram mais leve o processo final.

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Edivaldo Feitosa Ferreira Filho por me direcionar, pelos ensinamentos durante a execução dessa etapa.

Agradeço a todos os professores e servidores do IFPI do Campus Teresina Central, por todo conhecimento adquirido, por todo suporte e ajuda durante a graduação.

“O insucesso é apenas uma oportunidade para  
recomeçar com mais inteligência”.

Henry Ford

## RESUMO

A manutenção no Brasil, ainda amplamente corretiva, carece de abordagens preventivas e preditivas, que impactem a produção. Com a crescente competitividade das empresas em busca de maior produção e produtividade, emerge a metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM), analisando sob uma nova óptica os processos, custos e como o modelo organizacional atende a otimização dos desperdícios e perdas. O TPM tem por objetivo eliminar falhas, acidentes e defeitos, promovendo a colaboração interna e o monitoramento das perdas. Diante disso, este trabalho tem o propósito de investigar a aplicação da metodologia *Total Productive Maintenance* (TPM) em uma indústria de bebidas, com foco na otimização da eficiência produtiva e melhoria contínua, de modo a reduzir perdas e aumentar a produtividade. Neste sentido, o trabalho consistiu em um estudo de caso prático de como a metodologia está aplicada e seus benefícios. Os resultados mostram que a metodologia empregada segue sendo efetiva para melhoria das perdas identificadas durante o estudo. Por fim, este trabalho tem sua significância na análise da eficiência da metodologia TPM aplicada em ambientes fabris.

**Palavras-chave:** Manutenção Produtiva Total (TPM), Melhoria Contínua, Produtividade

## **ABSTRACT**

Maintenance in Brazil, which is still largely corrective, lacks preventive and predictive approaches that impact production. With the growing competitiveness of companies seeking greater production and productivity, the Total Productive Maintenance (TPM) methodology has emerged, analyzing processes, costs and how the organizational model optimizes waste and losses from a new perspective. The TPM aims to eliminate failures, accidents and defects, promoting internal collaboration and monitoring losses. In view of this, this study aims to investigate the application of the Total Productive Maintenance (TPM) methodology in a beverage industry, focusing on optimizing production efficiency and continuous improvement, in order to reduce losses and increase productivity. In this sense, the study consisted of a practical case study of how the methodology is applied and its benefits. The results show that the methodology used continues to be effective in improving the losses identified during the study. Finally, this study is significant in analyzing the efficiency of the TPM methodology applied in manufacturing environments.

**Keywords:** Total Productive Maintenance (TPM), Continuous Improvement, Productivity

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|           |   |                                                                                                     |    |
|-----------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1  | - | Impacto Inicial no Indicador de Performance OPI .....                                               | 23 |
| Figura 2  | - | Impacto por Modo de Falha no Equipamento de Enchimento.....                                         | 24 |
| Figura 3  | - | Modelo de Máquina de Enchimento.....                                                                | 25 |
| Figura 4  | - | Impacto das Intervenções com base no modelo 4M's (Máquina, Mão de<br>Obra, Material e Método) ..... | 26 |
| Figura 5  | - | Checklist de Inspeção do Equipamento de Enchimento.....                                             | 28 |
| Figura 6  | - | Válvula de controle de acionamento de produto.....                                                  | 29 |
| Figura 7  | - | Checklist de Controle de Parâmetro da Válvula de Acionamento de<br>Produto.....                     | 29 |
| Figura 8  | - | Gestão Visual das Faixas de Trabalho Operacional.....                                               | 30 |
| Figura 9  | - | Diagrama Técnico dos Pontos de Interferência de Padrão.....                                         | 31 |
| Figura 10 | - | Gestão Visual do Equipamento de Enchimento.....                                                     | 31 |
| Figura 11 | - | Gestão Visual Manômetros.....                                                                       | 32 |
| Figura 12 | - | Resultado por Equipamento no Indicador de Performance OPI.....                                      | 33 |
| Figura 13 | - | Resultado por Equipamento na Redução do Modo de Falha.....                                          | 33 |
| Figura 14 | - | Resultado do Impacto da Metodologia nos 4M's (Material, Método,<br>Mão-de-Obra, Máquina) .....      | 34 |

## LISTA DE TABELAS

|          |   |                 |              |    |             |    |    |
|----------|---|-----------------|--------------|----|-------------|----|----|
| Tabela 1 | - | Parâmetros      | Operacionais | do | Equipamento | de |    |
|          |   | Enchimento..... |              |    |             |    | 27 |

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

|      |                                                                        |
|------|------------------------------------------------------------------------|
| 4M's | Material, Método, Mão de Obra e Máquina                                |
| RCFA | Root Cause Failure Analysis                                            |
| OPI  | Optimization Performance Indicator                                     |
| GAP  | Lacuna, diferença ou desvio entre um estado atual e um estado desejado |

## LISTA DE SÍMBOLOS

% Porcentagem

R\$ Real

## SUMÁRIO

|          |                                                 |           |
|----------|-------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>                         | <b>16</b> |
| <b>2</b> | <b>OBJETIVOS .....</b>                          | <b>16</b> |
| 2.1      | OBEJTIVO GERAL .....                            | 16        |
| 2.2      | OBJETIVO ESPECÍFICO .....                       | 16        |
| <b>3</b> | <b>JUSTIFICATIVA .....</b>                      | <b>17</b> |
| <b>4</b> | <b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>                | <b>17</b> |
| 4.1      | HISTÓRICO DA MANUTENÇÃO.....                    | 17        |
| 4.1.1    | MANUTENÇÃO CORRETIVA.....                       | 17        |
| 4.1.2    | MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....                      | 18        |
| 4.1.3    | MANUTENÇÃO PREDITIVA.....                       | 19        |
| 4.2      | HISTÓRICO DO TPM – MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL.. | 20        |
| 4.3      | GESTÃO DA MANUTENÇÃO.....                       | 21        |
| <b>5</b> | <b>METODOLOGIA.....</b>                         | <b>22</b> |
| 5.1      | DEFINIÇÃO DA PESQUISA.....                      | 22        |
| 5.2      | CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....                       | 22        |
| 5.3      | COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....                  | 23        |
| 5.4      | IDENTIFICAÇÃO DO MODO DE FALHA.....             | 24        |
| 5.5      | ENTENDIMENTO E FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO...  | 24        |
| 5.6      | IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS OPERACIONAIS.....    | 26        |
| 5.7      | CHECK DE PARÂMETROS DE TRABALHO.....            | 26        |
| 5.8      | PRESSÃO DAS VÁLVULAS DE ENCHIMENTO.....         | 27        |
| 5.9      | VAZÃO DE CO <sub>2</sub> NO RECRAVADOR.....     | 28        |

|          |                                                        |           |
|----------|--------------------------------------------------------|-----------|
| 5.9.1    | PADRONIZAÇÃO PARA OPERAÇÃO.....                        | 30        |
| <b>6</b> | <b>RESULTADOS.....</b>                                 | <b>32</b> |
| 6.1      | IMPACTO NO OPI.....                                    | 32        |
| 6.2      | IMPACTO NO MODO DE FALHA.....                          | 33        |
| 6.3      | IMPACTOS OPERACIONAIS.....                             | 34        |
| 6.4      | IMPACTO NA PRESSÃO DAS VÁLVULAS DE ENCHIMENTO          | 34        |
| 6.4.1    | IMPACTO NA VAZÃO DE CO <sub>2</sub> NO RECRAVADOR..... | 35        |
| <b>7</b> | <b>CONCLUSÃO.....</b>                                  | <b>35</b> |
|          | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                | <b>37</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, devido ao cenário competitivo nas empresas, e suas inúmeras ferramentas utilizadas para minimização de perdas e aumento da produtividade tem-se desenvolvido cada vez mais a necessidade de compreensão de como a organização está disposta sistematicamente e de como seus departamentos e processos devem ser analisados, observados e melhorados. O setor que ainda há um déficit de estudos no que se refere a melhoria de processos e redução de custos é a manutenção, pois no Brasil na sua maioria, as empresas possuem cultura centrada na manutenção corretiva, causando déficit nos outros métodos de manutenção tais como, preventiva e preditiva, além de ter um impacto direto no planejamento de produção (MEDEIROS et al., 2020).

Analizando sob a ótica do planejamento e da gestão da manutenção uma metodologia que tem sido amplamente empregada estrategicamente por empresas brasileiras é a *Total Productive Maintenance* (TPM). O TPM possui como objetivo principal a construção de uma estrutura robusta focada na minimização das perdas, através do *mindset* de zero perdas, zero falhas, zero acidentes e zero defeitos, além de fomentar a cooperação para a execução e condução de ações de melhoria setorizando as análises de perdas por meio de ações de pequenos grupos (FERNANDES et al., 2018). Diante do exposto, uma questão norteadora emergiu “Como garantir que o TPM implementado está garantindo a melhoria contínua visando a minimização de perdas e falhas ocasionadas no processo de produção e como aumentar a produtividade de uma empresa

A partir do exposto e buscando responder à pergunta norteadora deste trabalho foi elaborado o presente estudo, no qual irá apresentar no decorrer do seu desenvolvimento os benefícios do *mindset* centrado na melhoria contínua em um equipamento de uma linha de produção utilizando a metodologia da TPM aplicada em uma indústria de bebidas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Analisar os efeitos sob a produtividade, custos e benefícios de utilização da metodologia TPM em um equipamento de uma linha de produção em uma indústria de bebidas.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Analisar como a metodologia está aplicada na linha de produção;
- Selecionar equipamento de maior impacto;
- Verificar eficácia de setorização por KPI's;
- Analisar a efetividade no modelo de gestão aplicado;
- Analisar execução de metodologia e seu reflexo nos resultados;

### 3 JUSTIFICATIVA

Diante o cenário de uma cadeia produtiva de alta performance, espera-se que os resultados alcançados estejam englobados na minimização das perdas, onde os desperdícios durante a produção sejam próximos e/ou igual a zero, garantindo o que chamamos de “*closing the looping*”, ou seja, o processo deve atender ou operar próximo da sua capacidade máxima de eficiência.

Com essa interface, é de suma importância analisar os parâmetros de operação, elaborar inspeções e restabelecer as condições básicas, aplicando metodologias voltadas ao “*mindset*” de melhoria contínua, com foco na redução e/ou erradicação de perdas, dentro do ambiente fabril.

Com isso, o presente trabalho surgiu da necessidade de realizar um estudo de caso quanto a efetividade do TPM em um equipamento de uma indústria de bebidas, com ênfase na análise dos modos de falhas e perda do rendimento efetivo, chamado de *Optimization Performance Indicator* (OPI - Indicador de Otimização de Performance), analisando impacto na redução de perdas e como a metodologia impulsiona na obtenção dos resultados e redução de custos através da melhoria contínua.

### 4 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 4.1 Histórico da Manutenção

O termo manutenção surge da palavra em latim *manus tenere*, que significa manter o que se tem, estando presente desde o início do manuseio de instrumentos de medição. Com a aceleração das indústrias em meados século XVII, surge a necessidade de manter os equipamentos em pleno funcionamento. No século seguinte, com a Revolução Industrial, as tecnologias tiveram que se adequar ainda mais ao cenário competitivo, aumentando assim, a necessidade de atividades de conserto e conservação dos equipamentos (GOMES, 2020).

A manutenção passou a ser mais difundida por volta da década de 1950, nos Estados Unidos. Com um cenário de pós-guerra, viu-se à necessidade de divisão da área de manutenção da produção, objetivando-se a melhoria do sistema produtivo como um todo, acompanhando assim a crescente tecnológica presente na época (MEDEIROS et al., 2020).

##### 4.1.1 Manutenção Corretiva

A manutenção corretiva aplica-se ao método mais antigo conhecido de manutenção, predominando até meados da década de 1950. A manutenção corretiva tem por característica deixar com que os equipamentos operem até que aconteça a sua quebra efetiva, ou seja, os reparos no maquinário só ocorrem após a parada do equipamento por quebra, onde não haja como manter o seu funcionamento. Sendo esta ser dividida por duas classes: Manutenção Corretiva Não-Planejada e Manutenção Corretiva Planejada (GOMES, 2020).

Para Marcorin e Lima (2003), a problemática em volta desse tipo de manutenção centra-se no seu método de execução, uma vez que a mesma tem sua aplicação por evento, fazendo assim, com que haja estoques consideráveis para suprir as quebras posteriores, gerando uma instabilidade no sistema interno, portanto, não garantindo o balanço efetivo dos gastos para contornar tal situação.

Segundo Gomes (2020), os aspectos que devemos considerar para que haja um reflexo de execução para manutenção corretiva, são: quando não se há uma definição clara a ser seguida para um método de manutenção preventiva, quando não conseguimos prever o cenário de falhas e não há como garantir os recursos para agir de maneira assertiva sobre a falha.

#### 4.1.2 Manutenção Preventiva

Historicamente, a manutenção preventiva surgiu no início do século XX, impulsionada pela necessidade de garantir a continuidade das operações industriais e evitar falhas inesperadas. No passado, a manutenção era predominantemente corretiva, sendo realizada apenas após a ocorrência de falhas. No entanto, à medida que a industrialização avançava, empresas passaram a perceber que o custo de inatividade e reparo de máquinas superava o custo de uma abordagem preventiva. Moubray (2001) relata que, após a Segunda Guerra Mundial, as empresas começaram a implementar programas de manutenção preventiva mais sistemáticos, baseados em intervalos de tempo fixos, para garantir maior confiabilidade e reduzir os custos de paradas não planejadas.

Com o desenvolvimento da tecnologia e da automação nas décadas subsequentes, a manutenção preventiva evoluiu. Na década de 1980, com a popularização do conceito de Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM), as organizações passaram a priorizar a análise de falhas e a identificação de estratégias de manutenção baseadas nas condições dos equipamentos. González-Prida et al. (2021) destacam que a introdução da *Internet of Things*

(IoT- Internet das Coisas) e da análise de Big Data no início do século XXI transformou ainda mais a manutenção preventiva, permitindo que os gestores monitorassem os equipamentos em tempo real e adotassem uma abordagem preditiva, mais eficiente e precisa.

Apesar de seus benefícios, a implementação da manutenção preventiva enfrenta desafios significativos. Um dos principais obstáculos é o elevado custo inicial necessário para estabelecer um programa eficiente, incluindo a aquisição de tecnologias de monitoramento e sistemas de gerenciamento de manutenção. Holmberg e Ahnström (2021) observam que empresas de menor porte podem ter dificuldades em justificar esses investimentos, especialmente em indústrias onde margens de lucro são mais apertadas. Além disso, a transição de uma abordagem reativa para uma preventiva requer uma mudança cultural dentro das organizações, o que pode ser difícil de implementar sem o apoio integral da gestão.

Outro desafio na implementação de programas de manutenção preventiva é a falta de qualificação técnica adequada. Solani et al(2022) ressaltam que a integração de novas tecnologias, como sensores inteligentes e softwares avançados de manutenção, exige que os técnicos possuam competências em áreas como análise de dados e programação. Sem o treinamento e capacitação necessários, há um risco de que as tecnologias não sejam plenamente aproveitadas, limitando o impacto positivo da manutenção preventiva e comprometendo o retorno sobre o investimento.

#### 4.1.3 Manutenção Preditiva

A manutenção preditiva é uma estratégia essencial no gerenciamento industrial, focada em prever falhas em equipamentos antes que ocorram, minimizando paradas inesperadas e custos associados. Suas origens remontam ao avanço das tecnologias de monitoramento de condições na década de 1960, quando sensores começaram a ser usados para coletar dados sobre o desempenho dos ativos. No entanto, foi a partir da década de 1980, com a disseminação do uso de computadores, que a manutenção preditiva ganhou tração significativa, possibilitando a análise mais sofisticada de dados e a antecipação de falhas com maior precisão (GOMES,2020)

O conceito de manutenção preditiva evoluiu significativamente com o avanço da indústria 4.0, onde a internet das coisas (IoT), big data e inteligência artificial (IA) desempenham papéis cruciais. Segundo estudos recentes, a adoção de algoritmos de *machine learning* na análise de dados coletados de sensores permite identificar padrões de degradação antes que eles resultem em falhas. Essa transformação digital tem aumentado a eficiência das

operações e reduzido os custos de manutenção em diversas indústrias, como na automotiva, petroquímica e aviação (ZHANG et al., 2021).

Nos últimos anos, a manutenção preditiva tornou-se um componente estratégico no ciclo de vida de ativos, utilizando análises em tempo real para tomada de decisão. A incorporação de gêmeos digitais, por exemplo, proporciona uma simulação detalhada e contínua dos sistemas, replicando o comportamento de máquinas e equipamentos no mundo físico. Assim, é possível otimizar o desempenho e prever falhas com mais precisão, reduzindo o tempo de inatividade e prolongando a vida útil dos ativos (LEE et al., 2022).

Dessa forma, a manutenção preditiva tem evoluído de uma prática baseada em dados históricos para um sistema proativo e dinâmico. A integração dessas novas tecnologias tem permitido a predição de falhas com maior precisão e antecedência. Estudos apontam que, nos próximos anos, a manutenção preditiva se consolidará ainda mais com o uso de redes neurais e inteligência artificial, permitindo uma abordagem preditiva cada vez mais automatizada e menos dependente da intervenção humana (JIMÉNEZ et al., 2023).

#### 4.2 Histórico do TPM – Manutenção Produtiva Total

A manutenção preventiva teve sua origem nos Estados Unidos, teve seu início no Japão após Segunda Guerra Mundial, por volta de 1950. Antes disso, a principal forma de manutenção conhecida era a corretiva, onde o processo de manutenção só ocorre após falha, quebra de uma determinada máquina ou equipamento (Leonel, 2020).

No cenário de sobrevivência para o momento pós-guerra, o Japão, em parceria de pesquisadores norte-americanos, começou a conscientização sobre a importância da qualidade no setor produtivo, desta forma, os japoneses lançaram-se em métodos de melhoria contínua, visando eliminação de desperdícios que estivessem ligados ao aumento de qualidade e produtividade (Leonel, 2020).

Segundo Yamaguchi (2005, p. 6-8) em meados das décadas de 50 e 60, já havia ferramentas voltados para manutenções corretivas e preventivas: 1951 (PM) – Manutenção Produtiva: Acompanhamento das condições físicas do equipamento; 1957 (CM) – Manutenção por Melhoria: prevenção de defeitos em equipamentos; 1960 (MP) – Prevenção Contra a Manutenção: equipes multidisciplinares de projetos criados para evitar a manutenção, com o *mindset* de que todos os envolvidos estava participando ativamente.

O surgimento do TPM data-se aproximadamente décadas de 60 quando a empresa Nippondenso, pertencente ao Grupo Toyota, tendo inicialmente o slogan “Manutenção

produtiva com participação total dos empregados”, houve a combinação da aplicabilidade dos mecanismos utilizados na manutenção sob formato de uma metodologia de manutenção contínua, chamada assim de TPM. Com o desempenho obtido pela Nippondenso, o setor econômico produtivo do Japão alavancou seu reconhecimento aos demais países, fazendo assim que seu modelo fosse seguido por outros países (Leonel, 2020).

No Brasil, a TPM foi introduzida e difundida por volta de 1986, pelo Prof. Seiichi Nakajima, autor da obra “Introdução ao TPM Total Productive Maintenance”, o que lhe trouxe o renome como “pai da TPM” (Leonel, 2020).

#### 4.3 Gestão da Manutenção

A gestão da manutenção é uma área crítica para a operação eficiente e prolongada dos ativos em diversas indústrias. Historicamente, a gestão da manutenção começou a se desenvolver com a Revolução Industrial, quando a necessidade de manutenção sistemática dos maquinários tornou-se evidente para garantir a continuidade das operações e a minimização de paradas não planejadas. No século XIX, o foco estava em práticas reativas, onde os problemas eram solucionados apenas após sua ocorrência, com pouca ou nenhuma antecipação de falhas (Harris & Taylor, 2021).

No entanto, a partir da década de 1950, surgiram novos conceitos com o avanço da tecnologia e a necessidade de melhorar a eficiência operacional. A introdução da manutenção preventiva e a utilização de técnicas de análise de falhas foram marcos importantes nesse período. A manutenção preventiva visava realizar intervenções programadas para evitar que as falhas ocorressem, enquanto as técnicas de análise, como a Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA), ajudavam a identificar pontos críticos e a priorizar ações (Jardine, Lin, & Banjevic, 2023).

A década de 1980 trouxe um avanço significativo com a emergência da manutenção preditiva, que se baseia na monitoração contínua dos equipamentos para prever falhas antes que elas aconteçam. Este avanço foi possível devido ao progresso na tecnologia de sensores e na análise de dados, o que permitiu um controle mais preciso e a minimização dos custos associados à manutenção (Smith & Hawkins, 2022). Nesse período, também começaram a se popularizar abordagens integradas, como o Total Productive Maintenance (TPM), que busca envolver todos os níveis da organização no processo de manutenção e melhorar a eficácia global do equipamento.

Recentemente, a indústria tem experimentado uma revolução na gestão da manutenção

com a integração da Indústria 4.0 e a manutenção baseada em inteligência artificial e análise preditiva avançada. Tecnologias emergentes, como a *Internet of Things* (IoT) e a análise de big data, estão transformando a forma como a manutenção é gerida, permitindo previsões mais precisas e a otimização das operações (Lee, Kao, & Yang, 2024). Essa nova era promete não apenas reduzir custos, mas também melhorar significativamente a confiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos.

## 5 METODOLOGIA

De modo a alcançar os resultados esperados no presente trabalho seguiu uma abordagem metodológica que realizou a combinação de técnicas qualitativas e quantitativas. Esta seção descreve os métodos de coleta de dados e os procedimentos utilizados para garantir a robustez e a validade do presente estudo.

### 5.1 DEFINIÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi conduzida por meio de dados extraídos de *softwares* e painéis de controles interno de uma empresa de bebidas, porém para preservação da política de segurança interna todos os dados evidenciados no presente trabalho serão de seguimento fictício. Além disso, para atender aos objetivos estabelecidos, foi realizada uma abordagem mista (qualitativa e quantitativa), que permitirá uma análise abrangente e uma compreensão aprofundada dos dados que serão coletados.

Após a extração dos dados se iniciou o mapeamento das principais oportunidades observadas nos dados obtidos, alinhando-se em conformidade com o método de Manutenção Produtiva Total empregado na empresa, evidenciando as etapas adotadas.

Por fim, foi analisado a efetividade do método aplicado na empresa e descrito os resultados alcançados com base no estudo de caso analisado e como essa metodologia traz impacto na gestão da manutenção, indicadores e redução de custos.

### 5.2 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

O presente trabalho foi conduzido conforme as diretrizes estabelecidas pela a empresa que forneceu os dados, garantindo a privacidade e o nível de consentimento cedido para o elaborador do presente projeto. Todos os dados serão tratados de forma confidencial e

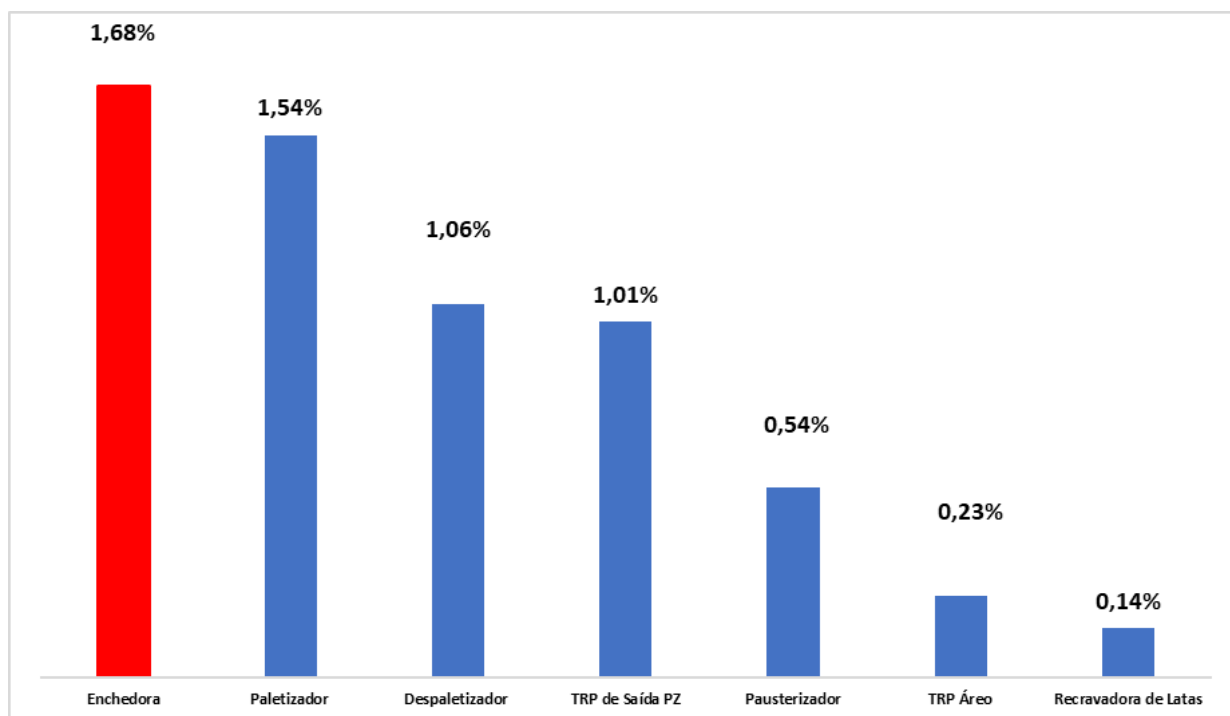
anonimamente para proteger a integridade dos envolvidos.

### 5.3 COLETA E ANÁLISE DE DADOS INICIAIS

A etapa de coleta e análise de dados é de suma importância para o projeto, pois somente por meio desta se torna possível uma melhor definição do estudo e melhor obtenção dos resultados. Os dados foram coletados por meio de software interno da empresa, o período inicial abordado foi compreendido de Outubro a Dezembro, pois a empresa nesses meses possui um volume maior do que sua capacidade habitual, fazendo com que os equipamentos sejam submetidos a maior tempo de trabalho, o que pode ocasionar maior probabilidade de quebras e paradas não programadas.

A abordagem partiu da análise e montagem do gráfico Pareto por impacto do equipamento no OPI, conforme Figura 1, observando-se que, o maior ofensor a eficiência da linha era o equipamento de enchimento, refletindo em uma perda de 1,68% do rendimento, que em valor monetário possui um impacto de R\$ 23.520,00 ao mês, totalizando ao ano custo de R\$ 282.240,00.

Figura 1 – Impacto Inicial no Indicador de Performance OPI

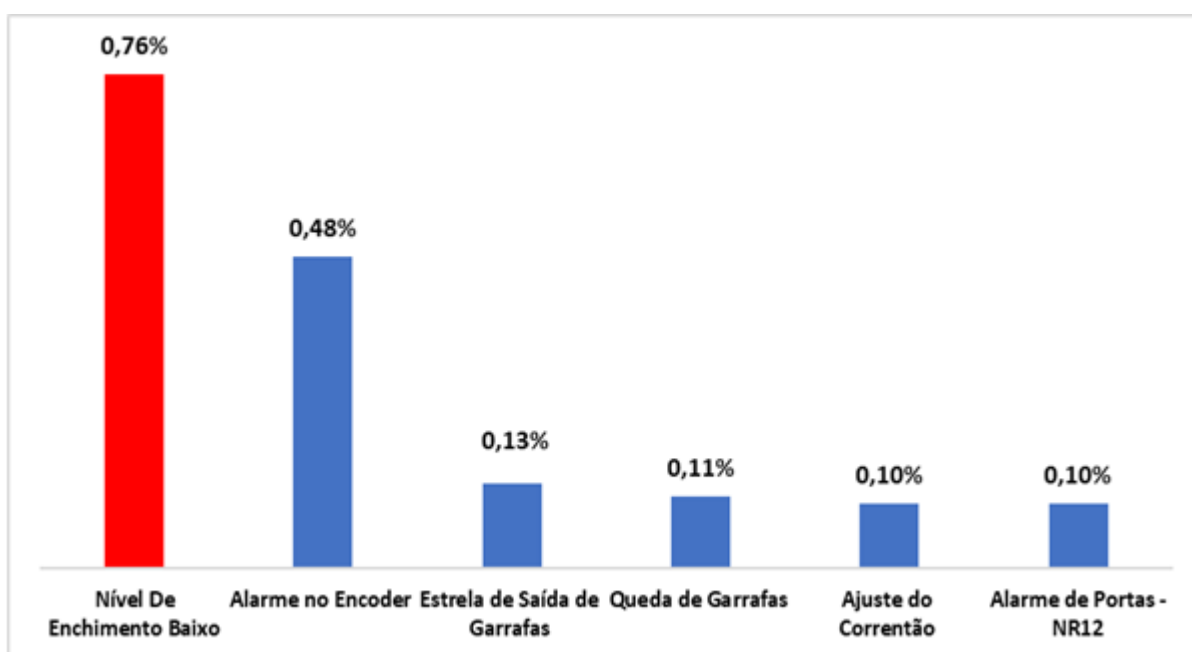


Fonte: Autoria Própria (2025)

## 5.4 IDENTIFICAÇÃO DO MODO DE FALHA

Após definição do equipamento a ser estudado e do maior ofensor, foi necessário definir qual perda atacar, uma vez que o equipamento apresenta múltiplos modos de falha. Além disso, devido ao período abordado de estudo, seria inviável o alcance a todos os modos. Para essa etapa foi construído um segundo gráfico de Pareto, evidenciado na Figura 2, que mostra o modo de falha que mais afetou a eficiência está relacionado ao nível de enchimento, representado 0,76% de perda, causando um impacto econômico de R\$ 10.640,00 ao mês, totalizando um custo anual de R\$127.680,00.

Figura 2 – Impacto por Modo de Falha no Equipamento de Enchimento



Fonte: Autoria Própria (2025)

## 5.5 ENTENDIMENTO E FUNCIONAMENTO DO EQUIPAMENTO

Antes das demais definições de métodos que foram abordados, precisou-se entender e compreender a dinâmica de funcionamento do equipamento, uma vez que este é um equipamento já considerado antigo para seus parâmetros de trabalho.

O equipamento se trata de uma enchedora, Figura 3, com 16 anos de utilização. Ela possui 50 válvulas de enchimento e opera em uma nominal de 30.000 latas por hora, sob o regime de 24 horas ininterruptas, parando seu funcionamento somente para pausas programadas de manutenção ou quando há paradas não programadas.

O processo de enchimento tem início com o transporte das latas vazias para a máquina,

onde elas são devidamente alinhadas sob as válvulas de enchimento. Para bebidas gaseificadas, como é o caso do presente estudo, o enchimento ocorre em um sistema isobárico, no qual a lata é pressurizada com dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), equilibrando a pressão interna e evitando a formação excessiva de espuma.

Após o enchimento, a máquina realiza a etapa de remoção de espuma, com o objetivo de garantir que o volume de líquido na lata esteja dentro dos padrões estabelecidos, prevenindo transbordamentos e desperdícios. A seguir, a lata é selada automaticamente por meio de uma recravadora de tampas, que assegura uma vedação adequada, protegendo o conteúdo de contaminações e possibilitando a preservação da bebida durante o armazenamento e transporte.

Além disso, a enchedora é equipada com sistemas de inspeção automatizada, responsáveis por verificar o volume do líquido, a integridade da tampa e a qualidade da vedação. Quando detectadas falhas no processo, as latas defeituosas são automaticamente descartadas, evitando que o produto final apresente qualquer tipo de irregularidade.

Portanto, a enchedora representa um componente crucial dentro da cadeia produtiva, uma vez que ela é determinante nos desperdícios que mais afetam a integridade do processo.

Figura 3 – Modelo de Máquina de Enchimento



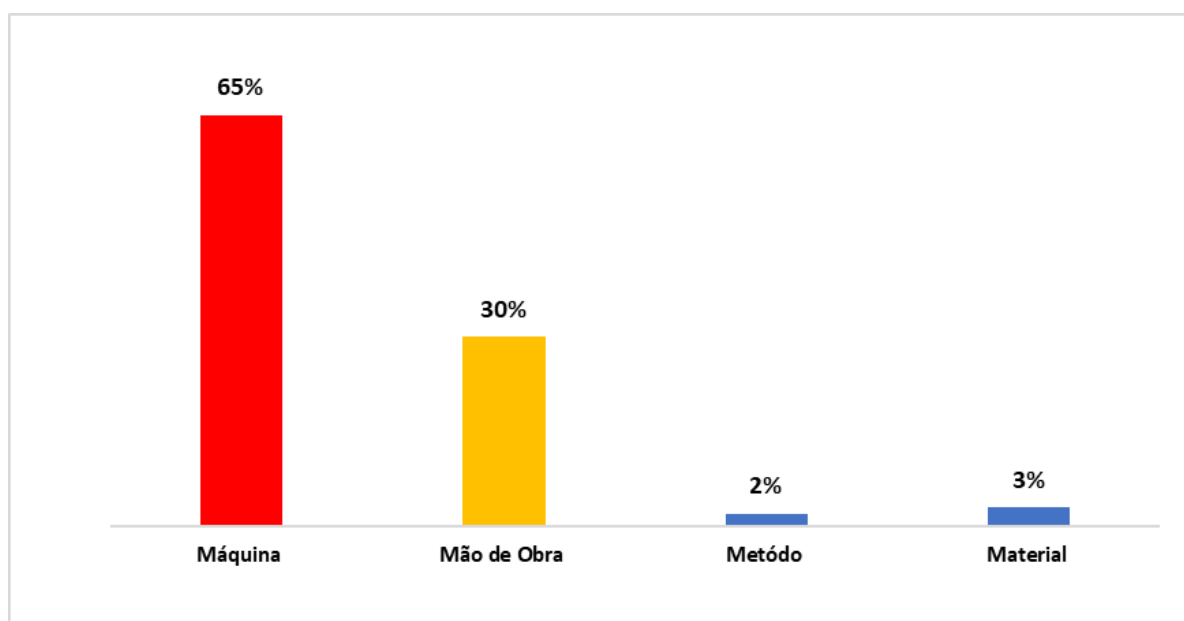
Fonte: Zegla (2025)

## 5.6 IDENTIFICAÇÃO DOS IMPACTOS OPERACIONAIS

Após tratativa dos dados iniciais, entendimento do equipamento e definição, foi necessário a utilização de modelos de gestão que ajudassem no planejamento e execução do trabalho. Foi utilizado como norteador do projeto uma ferramenta de gestão do modelo operacional, o 4M's, onde foi definido entre método, material, mão de obra e máquina os maiores “gargalos”. Essa etapa foi realizada conforme todo o histórico de intervenções operacionais do equipamento e através do uso da metodologia de RCFA. Além disso, foi seguido modelo de *kaizen*, onde o intuito é montar uma equipe multidisciplinar para que trabalhem juntos em um “*gap*” identificado.

Conforme gráfico evidenciado na figura 4, foi possível observar que os maiores “gargalos” estavam relacionados ao maquinário e à mão de obra, representando 95% do potencial dentro das perdas. Fazendo assim que esses fossem os norteadores para montagem do plano de execução.

Figura 4 – Impacto das Intervenções com base no modelo 4M's (Máquina, Mão de Obra, Material e Método)



Fonte: Autoria Própria

## 5.7 CHECK DE PARÂMETROS DE TRABALHO

Na primeira etapa do trabalho, foi realizada a verificação dos parâmetros que influenciam diretamente o modo de falha. A análise da zona permissível de trabalho permitiu

identificar quais parâmetros estavam fora dos limites estabelecidos ou possuem mais oscilação durante operação, possibilitando a adoção de medidas corretivas e preventivas para os componentes com integridade comprometida.

Ao final dessa etapa, foram listados os parâmetros a serem monitorados e sua zona de faixa de trabalho permissível, com a finalidade de estabelecer um controle periódico (diário, semanal ou mensal). Esse monitoramento visou reduzir as perdas durante os processos, garantindo maior eficiência operacional. Além disso, foi evidenciado para operação quais parâmetros de trabalho poderiam ser manuseados sem que os mesmos interferissem no rendimento do equipamento e selecionado dois parâmetros críticos para reestabelecimento de condições básicas e/ou tratativas emergenciais. Os parâmetros selecionados para acompanhamento estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros Operacionais do Equipamento de Enchimento

| <b>Parâmetros</b>                          | <b>Zona de Trabalho Permissível</b> | <b>Operando em Condições Ideais</b> |
|--------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Manômetro de Pressão de Entrada do Produto | 5 bar                               | Sim                                 |
| Condutivímetro (Fail Safe)                 | 1 $\mu\text{S/cm}$                  | Sim                                 |
| Pressão da Cúpula                          | 2,5 bar                             | Sim                                 |
| Pressão das Válvulas de Enchimento         | 2,0 bar                             | Não                                 |
| Pressão de CO <sub>2</sub> na Entrada      | 6,0 a 7,0 bar                       | Sim                                 |
| Transporte de Entrada da Enchedora         | 45mm                                | Sim                                 |
| Transporte de Saída da Enchedora           | 45mm                                | Sim                                 |
| Vazão de CO <sub>2</sub> no Recravador     | 10 a 15 m <sup>3</sup> /h           | Não                                 |
| CO <sub>2</sub> da Estrela de Gás          | 0,4 a 0,5 bar                       | Sim                                 |

Fonte: Autoria Própria (2025)

## 5.8 PRESSÃO DE VÁLVULAS DE ENCHIMENTO

As válvulas de enchimento para o modelo de enchedora analisado deve ser estar submetida constantemente a uma pressão entre 5 e 4,5 bar, qualquer valor acima ou abaixo dessa faixa causará problemas que afetam a performance do equipamento.

O equipamento referido possui cerca de 50 válvulas de enchimento, destas 36 válvulas apresentavam um desgaste e folga acentuada nos bicos de enchimento, fazendo assim com

que houvesse uma variação de 8 mm para 12mm, ocasionando formação maior de espuma que fazia com que os sensores liberassem o produto antes do seu preenchimento no limite adequado.

Os componentes que apresentavam medidas fora das especificações da Tabela 1 foram submetidos a manutenção corretiva para troca de componentes e troca de vedações. Além disso, foram adaptados dentro dos *checklist* de manutenção inspeções periódicas (semanais, quinzenais, mensais) para checagem das especificações da enchedora, conforme Figura 5.

Figura 5 – Checklist de Inspeção do Equipamento de Enchimento

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| 2.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | (T1) (P) Inspeção - ITEM DE QUALIDADE - ENCHEDORA - MANÔMETROS DA ENCHEDORA |
| DESCRIPTION                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                             |
| <div style="border: 1px solid red; padding: 10px; margin: 10px 0;">  <p>Atenção: O equipamento deve estar PARADO e com LOTO para a realização desta atividade!!!<br/>Faça uma avaliação de riscos rigorosa e tenha comportamentos seguros.</p> </div>                                                                                                                                          |                                                                             |
| <p>COMO A ATIVIDADE DEVE SER REALIZADA - MANUALMENTE VISUALIZANDO E TOCANDO NOS COMPONENTES PARA VERIFICAR DESGASTE E VAZAMENTOS.</p> <p><b>INSPECIONAR OS SEGUINTE MONÔMETROS: CÚPULA, ENTRADA DA ENCHEDORA, RINSER.</b></p> <p><i>Caso a atividade não seja realizada pode gerar problema de qualidade (contaminação) no produto.</i></p> <p>Condição Ideal: NÃO DEVE APRESENTAR VAZAMENTOS E ALTERAÇÃO NA LEITURA.</p> <p>Tempo estimado: 10 minutos</p> <p>Cartão nº: 1</p> |                                                                             |

Fonte: Autoria Própria (2025)

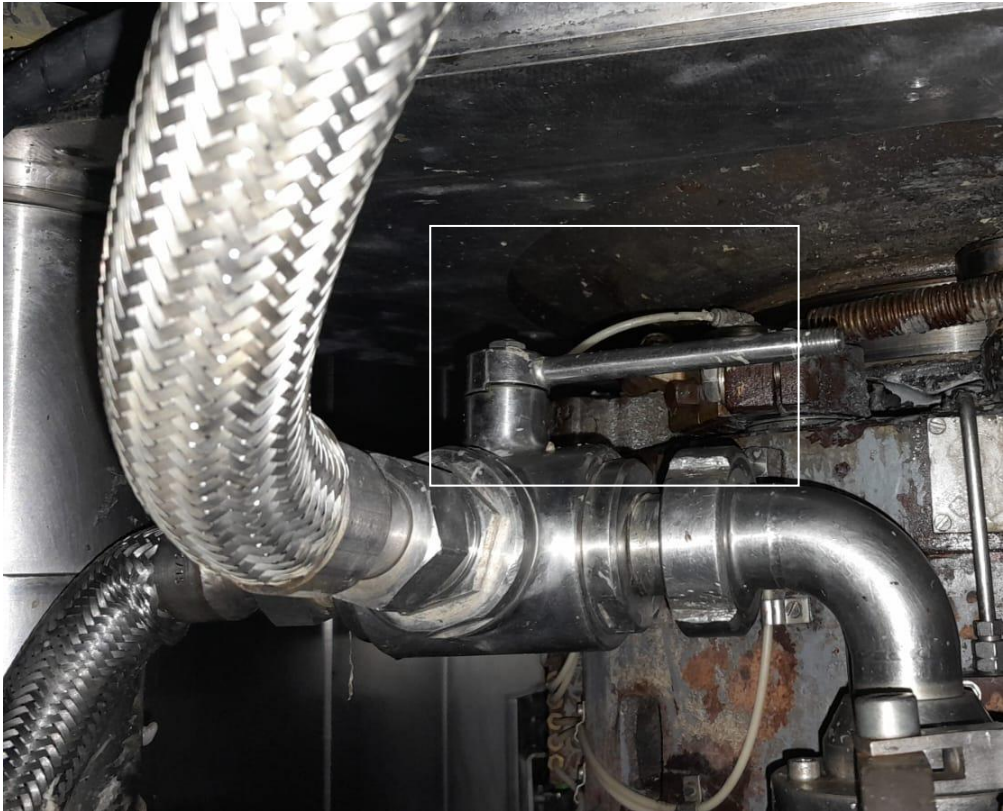
## 5.9 VAZÃO DE CO<sub>2</sub> NO RECRAVADOR

A vazão de CO<sub>2</sub> no recravador deve estar na faixa de trabalho de 10 a 15 m<sup>3</sup>/h. Porém, o controle desse parâmetro não pode ser verificado, devido à ausência de um componente essencial de monitoramento. Portanto, o equipamento não atende a RBC básica, devido à falta de um componente.

Porém, diante desse empecilho foi identificada uma forma de controle empírica de pressão, onde uma válvula de regulagem do fluxo do produto deverá ser posicionada em um ângulo de exatamente 180°, como mostrado na figura 6.

Para garantir esse controle foi elaborado um *checklist* (Figura 7) na qual o colaborador deverá realizar o check por turno desse parâmetro, e caso apresente alteração deverá realizar o ajuste para a posição desejada e abrir notas de trabalho para que esteja no planejamento da área de manutenção.

Figura 6 – Válvula de controle de acionamento de produto



Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 7 – Checklist de Controle de Parâmetro da Válvula de Acionamento de Produto

1. CHECK DE PARÂMETROS

INPUT FIELDS

1.1.1

✎

Todos os procedimentos de segurança aplicáveis estão corretos (EPIs, EPCs, LOTO, chave no bolso, área isolada, etc.)?

Options: Yes, No

⚡ 1 trigger

1.1.2

✎

QUAL AÇÃO DEVE SER TOMADA EM CASO DE ANOMALIAS - Abrir desvio e colocar rótulo do Centerline e etiquetar equipamento, se o time tem a habilidade para resolver a anomalia não será necessário a criação de nota de manutenção, Caso o contrário, detalhar o desvio com o padrinho do time e seguida abrir nota de manutenção e atribuir ao PCM da área

1.1.3

✎

Insira o seu R.E.: \*

✎

Por gentileza tire uma foto da área após \*

Fonte: Autoria Própria (2025)

### 5.9.1 PADRONIZAÇÃO PARA OPERAÇÃO

Um dos pilares fundamentais na qual o TPM trabalha é a padronização dos processos, onde ao final de cada etapa possa ocorrer o final do ciclo PDCA. Com isso, para facilitar o dia a dia dos colaboradores e que eles saibam quais parâmetros possam ser por eles manuseados, foi elaborada uma gestão visual com as faixas permissíveis de trabalho de cada parâmetro que frequentemente apresentam oscilação (Figura 8). Além disso, foi definido quais os parâmetros estão ao alcance dos colaboradores para que eles possam realizar os ajustes necessários.

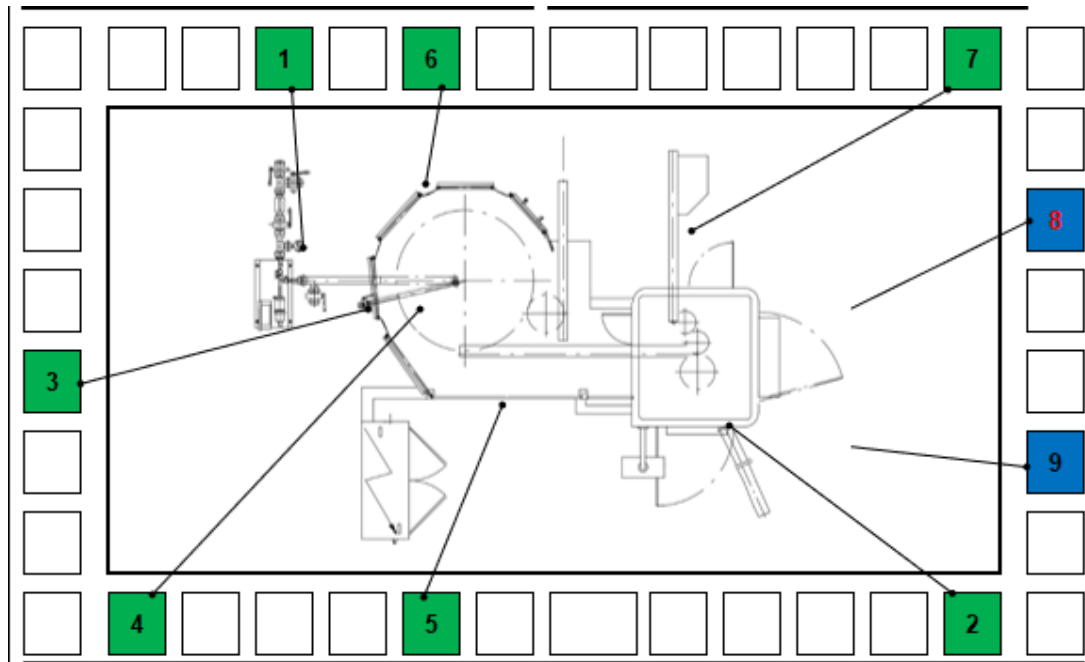
Figura 8 – Gestão Visual das Faixas de Trabalho Operacional

|   | Maquina   | Parâmetro da Maquina                       | Parâmetro  | ANISTE 20               | DEVASSA 20    | ANISTE 358    | DEVASSA 358   | GLACIAI 358 S | Em manutenção ou D.O. | Ajustável para operação | Foto | Crédito de Qualidade (Segur. Qualidade) | Principais | Zona Verde de Trabalho | Zona Amarela de Trabalho | Zona Vermelha de Trabalho |
|---|-----------|--------------------------------------------|------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|-------------------------|------|-----------------------------------------|------------|------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1 | ENCHEDORA | HABRHEITA DE PRESSÃO DE ENTRADA DE BRABETA | PRESSÃO    | 5,0 bar                 | 5,0 bar       | 5,0 bar       | 5,0 bar       | 5,0 bar       | Sim                   | Não                     |      | Qualidade                               | 2          | 5,0 bar                | 4,5 bar                  | >4,5 bar                  |
| 2 | ENCHEDORA | CONDUTIVIDADE (FAIL SAFE)                  | VALOR      | Limite crítico <1p.5fcm |               |               |               |               | Sim                   | Não                     |      | Qualidade                               | 2          | <1 p5fcm               | 1 p5fcm                  | <1 p5fcm                  |
| 3 | ENCHEDORA | PRESSÃO DA CÁPULA                          | PRESSÃO    | 2,5 bar                 | 2,5 bar       | 2,5 bar       | 2,5 bar       | 2,5 bar       | Sim                   | Sim                     |      | Qualidade                               | 2          | 2,5 bar                | 2,0 bar                  | <2 bar                    |
| 4 | ENCHEDORA | PRESSÃO DE AR DAS VÁLVULAS DE ENCHIMENTO   | PRESSÃO    | 2,0 bar                 | 2,0 bar       | 2,0 bar       | 2,0 bar       | 2,0 bar       | Sim                   | Sim                     |      | Qualidade                               | 2          | 2,0 bar                | 1,5 bar                  | >1,5 bar                  |
| 5 | ENCHEDORA | PRESSÃO DE CO2 DA ENTRADA                  | PRESSÃO    | 6,0 a 7,0 bar           | 6,0 a 7,0 bar | 6,0 a 7,0 bar | 6,0 a 7,0 bar | 6,0 a 7,0 bar | Sim                   | Sim                     |      | Qualidade                               | 2          | 6,0 a 7,0 bar          | 5,0 bar                  | >5 bar                    |
| 6 | ENCHEDORA | TRANSPORTE DE ENTRADA DA ENCHEDORA         | PAQUIMETRO | 45mm                    | 45mm          | 45mm          | 45mm          | 52mm          | Sim                   | Sim                     |      | Desempenho                              | 2          | 45 mm                  | 55mm                     | 48mm                      |
| 7 | ENCHEDORA | TRANSPORTE DE SAÍDA DA ENCHEDORA           | PAQUIMETRO | 45mm                    | 45mm          | 45mm          | 45mm          | 52mm          | Sim                   | Sim                     |      | Desempenho                              | 2          | 45 mm                  | 55mm                     | 48mm                      |
| 8 | RECATADOR | VAZÃO DE CO2 RECATADOR                     | PRESSÃO    | 10 a 15 m3/h            |               |               |               |               | Não                   | Sim                     |      | Qualidade                               | 1          | 15 m3/h                | 10 m3/h                  | <10 m3/h                  |
| 9 | RECATADOR | CO2 EXTERIA                                | PRESSÃO    | 0,4 a 0,5               | 0,4 a 0,5     | 0,4 a 0,5     | 0,4 a 0,5     | 0,4 a 0,5     | Sim                   | Sim                     |      | Qualidade                               | 2          | 0,5 bar                | 0,4 bar                  | >0,4 bar                  |

Fonte: Autoria Própria (2025)

Além disso, o local onde os pontos de oscilação são frequentes foram contemplados com o diagrama técnico do equipamento que sinaliza cada ponto de interferência de padrão (Figura 9).

Figura 9 – Diagrama Técnico dos Pontos de Interferência de Padrão



Fonte: Autoria Própria (2025)

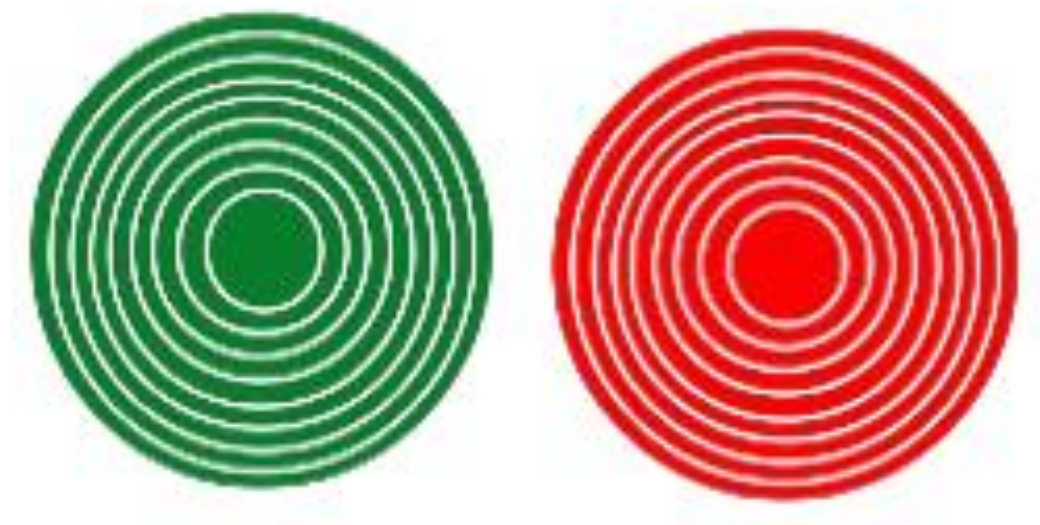
Por fim, foram implementadas gestões visuais no próprio maquinário para que além dos desenhos técnicos, a operação também tenha ciência de onde estão localizados cada ponto (Figura 10). A gestão visual dos manômetros (Figura 11) seguem especificação da faixa de trabalho que cada ponto de pressão deve ter.

Figura 10– Gestão Visual do Equipamento de Enchimento



Fonte: Autoria Própria (2025)

Figura 11– Gestão Visual Manômetros



Fonte: Empresa de Bebidas (2025)

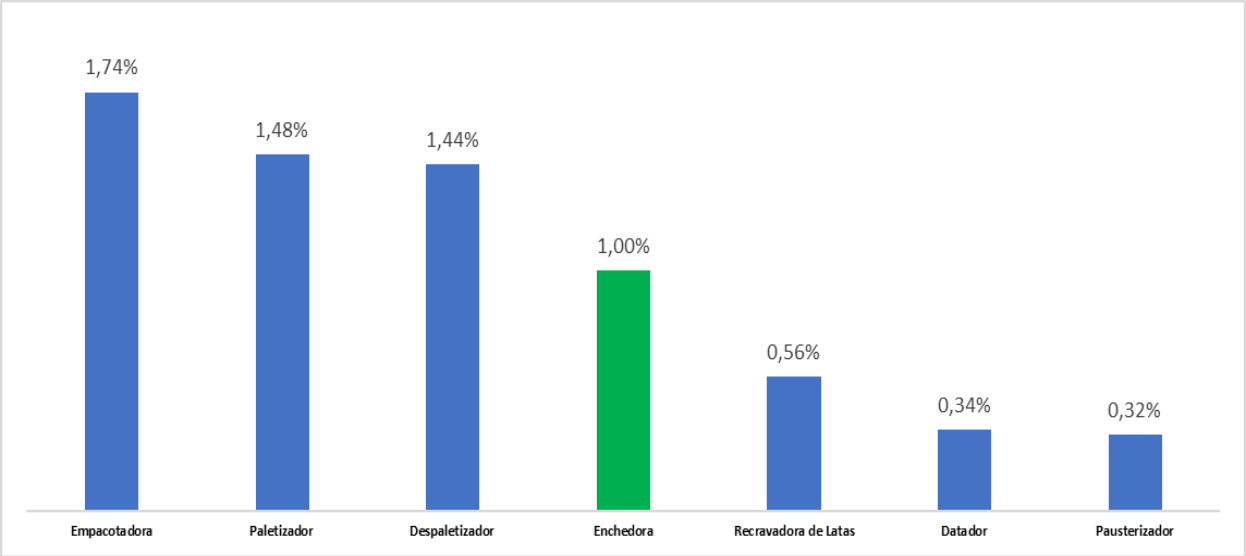
## 6.0 RESULTADOS

Nesta seção, são apresentados os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia descrita anteriormente. Os dados foram organizados em figuras para melhor visualização e compreensão.

### 6.1 IMPACTO NO OPI

A figura 12 traz o resultado obtido após utilização da metodologia TPM. Com a metodologia aplicada, o equipamento teve uma redução de 0,68% do seu impacto como ofensor do OPI (Figura 2), fazendo com que o mesmo se configura como o 4º ofensor do rendimento geral. Além disso, houve um impacto financeiro na redução do custo em R\$ 9.520,00 ao mês, representando um valor de R\$114.240,00 ao ano.

Figura 12 – Resultado por Equipamento no Indicador de Performance

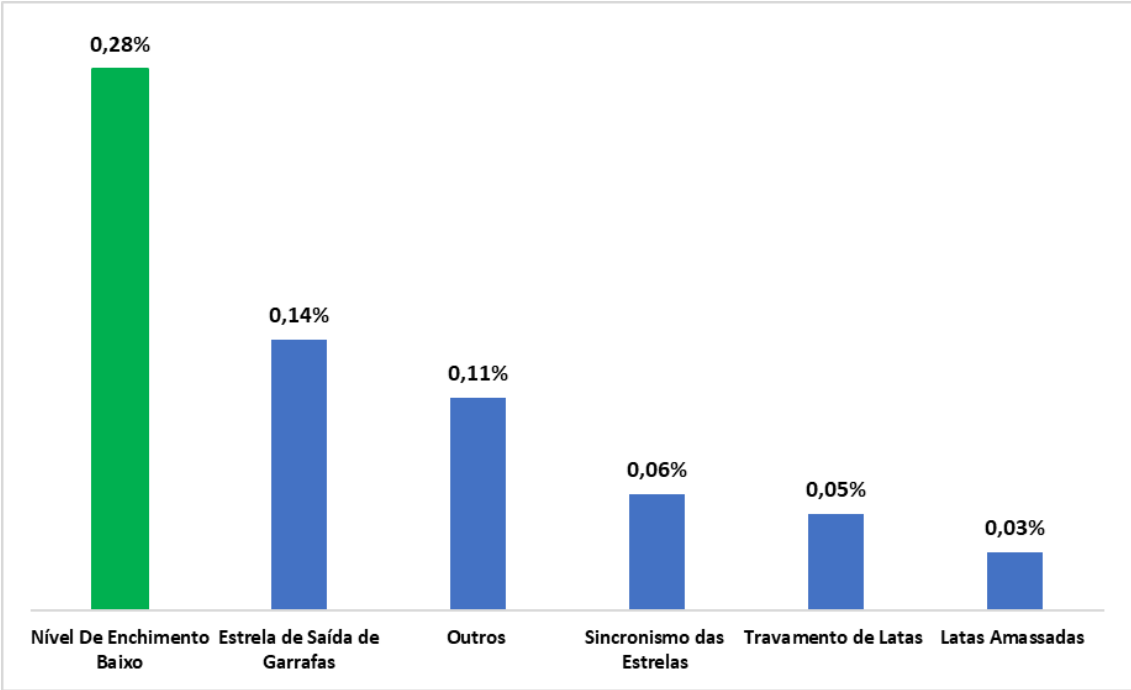


Fonte: Autoria Própria (2025)

6.2 IMPACTO MODO DE FALHA

Para os modos de falha de nível de enchimento, quando recolhido os dados pós a realização do estudo, observa-se que o modo de falha ainda permanece como ofensor. Porém o presente modo evidenciado teve uma queda representativa, pois o mesmo teve decaimento de 0,50% no modo de falha observado (Figura 15). Trazendo assim um ganho econômico para a empresa de R\$ 7.000,00 ao mês e custo anual de R\$ 84.000,00.

Figura 13 - Resultado por Equipamento na Redução do Modo de Falha

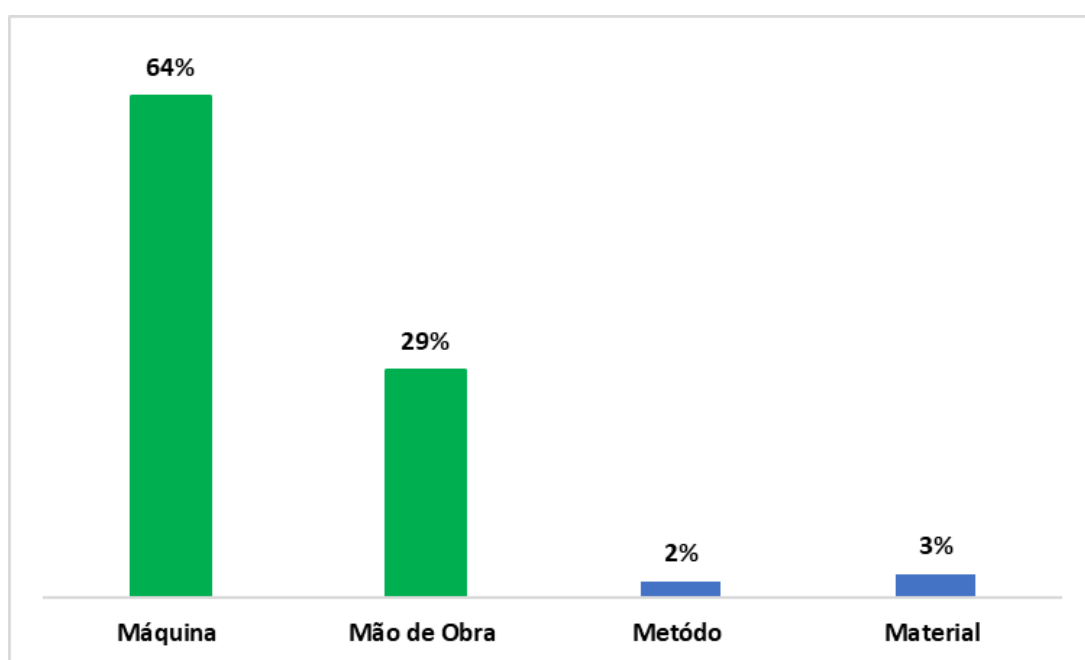


Fonte: Autoria Própria (2025)

### 6.3 IMPACTOS OPERACIONAIS

Os resultados obtidos que se referem aos impactos operacionais(Figura 14), observou uma redução de 1% nos maiores ofensores dos 4M's. Com as ações de troca das válvulas danificadas fez com que o módulo correspondente a máquina tivesse seu decaimento para 64%. Enquanto o que se refere a mão de obra, que é o fator de conhecimento e qualificação da operação, também apresentou um decaimento para 29%, fazendo assim que juntos tivesse um decaimento de 2% do cenário inicial, passando assim a apresentar um valor de 93% em relação aos 4M's.

Figura 14 – Resultado do Impacto da Metodologia nos 4M's (Material, Método, Mão de Obra, Máquina)



Fonte: Autoria Própria

### 6.4 IMPACTO NA PRESSÃO DE VÁLVULAS DE ENCHIMENTO

Após troca das válvulas defeituosas o equipamento manteve a pressão das válvulas constante na sua faixa de trabalho, variando dentro do permissível de 5 e 4,5 bar. Além disso, como os componentes colocados como reposição estavam com suas condições iniciais atendidas, a folga antes relatada de 12mm foi sanada.

Com os checklist implementados a operação passou a ter um controle sobre as

inspeções realizadas em cada válvula. Em face disso, como os controles foram automatizados dentro dos softwares internos, a operação teve clareza sobre a revisão dos componentes e sua periodicidade, trazendo assim, mais confiabilidade ao processo.

#### 6.4.1 IMPACTO NA VAZÃO DE CO<sub>2</sub> NO RECRAVADOR

Como resultado na vazão do recravador, o sistema empírico implementado com o auxílio do software, checklist e gestões visuais implementadas asseguraram que o equipamento tivesse sua performance próximo do padrão ideal.

Devido ao fator apresentado na discussão, não foi possível a certificação da faixa de trabalho efetiva, mas em face do exposto, assegura-se que o equipamento mesmo que com técnicas “rudimentares” retornou a operar em sua capacidade satisfatória.

### 7.0 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo um estudo de caso sobre a metodologia TPM aplicada em uma indústria de bebidas e sua efetividade trazendo resultados para diminuição de quebras, o que impacta diretamente o tempo útil de trabalho do equipamento. A partir da análise dos resultados obtidos, foi possível verificar que o método além de alcançar resultados satisfatórios é válido para quantificação dos recursos financeiros. Pois como relatado, a minimização das perdas atacando somente um modo de falha foi significativo. Além disso, com base nos objetivos principais desse trabalho pode-se salientar as seguintes conclusões:

- A metodologia possui uso amplo na linha de produção o que se tornou perceptível principalmente através do uso de ferramentas do TPM, tais como, kaizen, implementação de gestão visual, *checklist*;
- O equipamento abordado no presente trabalho é, de fato, aquele que possui maior impacto para a empresa, uma vez que representa o “coração” da linha de produção. Com base nos dados coletados no período de 3 meses, constatou-se que ele vinha impactando negativamente tanto o desempenho operacional quanto a produtividade do negócio;
- A divisão clara de KPI's estratégicos trouxe impacto direto no ataque das perdas, fomentando que com a setorização foi possível a minimização dos principais *gaps*;

- O modelo de gestão possui efetividade clara e objetiva impactando diretamente no modelo de negócio e nos resultados de produtividade e performance do equipamento abordado;
- A metodologia é de fácil aplicabilidade e não possui grandes empecilhos para sua realização. Por ser uma metodologia consistente e centrada no mindset da equipe de trabalho é possível analisar alterações e seus reflexos ainda na fase de planejamento.

## REFERÊNCIAS

- FERNANDES, Marina; JUGEND, Daniel; SOUZA, Fernando; e MARIANO, Enzo. **Interações entre Manutenção Produtiva Total e Gestão da Qualidade Total: Estudo de Caso em uma Empresa do Setor Alimentício**. XXV Simpósio de Engenharia de Produção, São Paulo. 2018.
- GOMES, Leandro. **A Importância Da Aplicação Da Metodologia TPM (Manutenção Produtiva Total) Na Indústria Contemporânea**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Instituto Vale do Cricaré, Espírito Santo. 29 f.2020.
- GONZÁLEZ-PRIDA, V.; CRESPO, A.; VELÁZQUEZ, R. **Iot-Based Predictive Maintenance In Industrial Applications**. *Reliability Engineering & System Safety*, v. 203, p. 107050, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2020.107050>.
- HARRIS, G.; TAYLOR, W. **History And Evolution Of Maintenance Management**. *Industrial Maintenance Journal*, [S.l.], v. 32, n. 4, p. 45-59, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 14 ago 2024.
- HOLMBERG, M.; AHNSTRÖM, R. **Cost-Effectiveness in Maintenance Strategies: A Review of Industry Challenges**. *Journal of Industrial Engineering*, 33(4), 651-660.2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-engineering-research>. Acesso em: 14 ago 2024
- JARDINE, A. K. S.; LIN, D.; BANJEVIC, D. **Maintenance, Replacement, And Reliability: Theory And Applications**. Cham: Springer, 2023. Disponível em: [https://www.academia.edu/51537222/Maintenance\\_Replacement\\_and\\_Reliability\\_Theory\\_and\\_Applications](https://www.academia.edu/51537222/Maintenance_Replacement_and_Reliability_Theory_and_Applications). Acesso em: 16 ago 2024.
- JIMÉNEZ, A.; PÉREZ, R.; LÓPEZ, M. **Artificial Intelligence And Predictive Maintenance: Trends, Tools, And Future Perspectives**. *Computers in Industry*, 143:103785, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 19 ago. 2024.
- LEE, J.; KAO, H.; YANG, S. **Service Innovation And Smart Analytics For Industry 4.0 And Big Data Environment**. *CIRP Proceedings*, 5:8-15, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/>. Acesso em: 19 ago. 2024.
- MARCORIN, W. R.; LIMA, C. R. C. **Análise Dos Custos De Manutenção E De Não Manutenção De Equipamentos Produtivas**. *Revista de Ciência & Tecnologia*. V. 11, Nº 22- p. 35- 42. dez./2003.
- MEDEIROS, Alexandre; e ZAMBONI, Vinicius. **TPM – Total Productive Maintenance: Um Estudo de Caso de Implementação em Empresa de Grande Segmento**. *Revista Inovação Tecnológica*, São Paulo. V.10, Nº 1 – p. 126-144. Jan/Jun. 2020 – ISSN 2179-2895
- MOUBRAY, John. **Reliability-Centered Maintenance**. 7.ed. Industrial Press Inc. New York: Madison. 2001
- SOLANI, Rodrigo et al. **Development Of Competencies For Industry 4.0: A Professional**

**Training Framework.** Journal of Industrial Technology, 45(2), 125-139. 2022. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/386874314>. Acesso em: 15 jun 2024.

SMITH, R.; HAWKINS, B. **Predictive Maintenance Of Pumps And Motors.** Hoboken: Wiley, 2022. Disponível em: [https://onlinelibrary.wiley.com/?\\_gl=1\\*2g6wam\\*\\_gcl\\_au\\*MjAyMjE3OTEzOS4xNzQ5NTcwMTY1](https://onlinelibrary.wiley.com/?_gl=1*2g6wam*_gcl_au*MjAyMjE3OTEzOS4xNzQ5NTcwMTY1). Acesso em: 18 ago. 2024

YAMAGUCHI, Carlos Toshio. **TPM - Manutenção Produtiva Total.** São João del Rei: ICAP - Instituto de Consultoria e Aperfeiçoamento Profissional Del-Rei, 2005

ZEGLA. **Enchedora e Recravadora Zegla para Latas.** Disponível em: <https://zegla.com.br/pt/produtos/enchedora-para-latas-monobloco-zegla-pt/>. Acesso em: 15 mar. 2025.

ZHANG, Y.; WANG, H. **Predictive Maintenance In Industry 4.0: The Role Of Iot And AI In Enhancing Operational Performance.** International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 118:1749-1764, 2021. Disponível em: <https://link.springer.com/>. Acesso em: 19 ago. 2024.