



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO - UFOP**  
**ESCOLA DE MINAS**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**



**ISABELA SILVA FERNANDES**

**O PDCA APLICADO EM UMA LINHA DE ENVASE DE UMA INDÚSTRIA  
PARA REDUÇÃO DA QUEBRA DE GARRAFAS**

**OURO PRETO - MG**  
**2024**

**ISABELA SILVA FERNANDES**

**O PDCA APLICADO EM UMA LINHA DE ENVASE DE UMA INDÚSTRIA  
PARA REDUÇÃO DA QUEBRA DE GARRAFAS**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheira de Produção.

**Professor orientador:** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza

**OURO PRETO – MG  
2024**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

F363p Fernandes, Isabela Silva.

O PDCA aplicado em uma linha de envase de uma indústria para redução da quebra de garrafas. [manuscrito] / Isabela Silva Fernandes. - 2024.

64 f.: il.: color., gráf., tab..

Orientadora: Profa. Dra. Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza.  
Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia de Produção .

1. Controle de custo. 2. Gestão da qualidade total. 3. Eficiência industrial. I. Souza, Clarisse da Silva Vieira Camelo de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 658.5

Bibliotecário(a) Responsável: Cristiane Maria da Silva - CRB6-3046



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Isabela Silva Fernandes**

### O PDCA Aplicado em uma Linha de Envase de uma Indústria para Redução da Quebra de Garrafas

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira de Produção

Aprovada em 30 de Setembro de 2024

#### Membros da banca

[Doutora] - Clarisse da Silva Vieira Camêlo de Souza - Orientadora (Universidade Federal de Ouro Preto)  
[Doutora] - Irce Fernandes Gomes Guimarães - (Universidade Federal de Ouro Preto)  
[Mestra] - Samantha Rodrigues de Araújo - (Universidade Federal de Minas Gerais)

Clarisse da Silva Vieira Camêlo de Souza, orientadora do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 03/10/2024.



Documento assinado eletronicamente por **Clarisse da Silva Vieira Camelo de Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 03/10/2024, às 13:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0788635** e o código CRC **B9258800**.

*Dedico este trabalho aos meus pais, e à  
minha avó, por todos os esforços que  
fizeram para tornarem este sonho  
possível.*

## **AGRADECIMENTO**

Gostaria de agradecer, primeiramente, a Deus, por todas as graças que me concedeu ao longo deste caminho, dando-me forças e saúde para chegar nesta reta final.

Agradeço aos meus pais por todo apoio que me deram, por nunca pouparem esforços para que eu alcançasse meus sonhos e por terem se aventurado em todos os caminhos que eu decidi seguir. Sou eternamente grata pela estrutura e ensino que me proporcionaram, permitindo-me sonhar os maiores sonhos, sempre com muito apoio.

A minha avó, Isaura, por sempre cuidar tanto de mim, me fazendo a flor mais feliz do seu jardim, e ao meu irmão, Bernardo, por sempre alegrar meus dias deixando-os mais leves.

Sou extremamente grata à UFOP pelo ensino de qualidade e por ter me possibilitado viver tantas experiências enriquecedoras.

Ao DEPRO e todos os seus professores, pelo cuidado que tiveram comigo e por mudarem minha vida, podem ter certeza de que honrarei a todos e à Universidade, colocando em prática todos os aprendizados que adquiri.

Agradeço à minha orientadora, professora Clarisse, pela confiança na proposta do meu projeto, orientando o trabalho da melhor maneira possível e permitindo-me concluir este sonho.

*“Custos não existem para serem calculados,  
custos existem para serem reduzidos.”*

*(Taiichi Ohno)*

## RESUMO

A busca por redução de custos de produção e eliminação de desperdícios tem ganhado crescente importância para empresas que desejam se manter competitivas e melhorar sua lucratividade. Nesse cenário, a adoção de métodos de melhoria contínua se destaca como uma solução eficiente na gestão dos processos, ajudando a melhorar os custos e a garantir resultados sustentáveis. O presente trabalho visa diminuir a quebra de garrafas em uma linha de envase, um item de grande impacto entre os custos variáveis do processo, que vinha enfrentando problemas com o desperdício. Para alcançar esse objetivo, foi utilizada uma abordagem quantitativa na pesquisa-ação, com a aplicação do Método PDCA e o uso de ferramentas da qualidade. Permitindo uma melhor compreensão do problema e a elaboração de ações corretivas planejadas. Como resultado da utilização do método, houve uma redução na quebra das garrafas em 0,34%, uma diminuição de mais de 71 mil garrafas comparando o período inicial com o final. Os resultados obtidos demonstraram uma significativa redução nas quebras, evidenciando a eficácia do método na melhoria de processos industriais. Ademais, a adoção das boas práticas operacionais teve uma relação direta com a diminuição das quebras, comprovando sua relevância para a empresa.

**Palavras chaves:** Quebra de garrafas, PDCA, Melhoria contínua, Redução de custos.

## **A B S T R A C T**

The search for reducing production costs and eliminating waste has become increasingly important for companies that want to remain competitive and improve their profitability. In this scenario, the adoption of continuous improvement methods stands out as an efficient solution in process management, helping to reduce costs and ensure sustainable results. This study aims to reduce bottle breakage in a bottling line, an item with a major impact on the variable costs of the process, which has been facing problems with waste. To achieve this objective, a quantitative approach was used in action-research, with the application of the PDCA Method and the use of quality tools. This allowed a better understanding of the problem and the development of planned corrective actions. As a result of using the method, there was a reduction in bottle breakage by 0.34%, a decrease of more than 71k bottles comparing the initial and final periods. The results obtained demonstrated a significant reduction in breakage, evidencing the effectiveness of the method in improving industrial processes. Furthermore, the adoption of good operational practices had a direct relationship with the reduction in breakages, proving its relevance for the company.

**Keywords:** Bottle breakage, PDCA, Continuous improvement, Cost reduction.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Método PDCA de gerenciamento de processos .....	23
Figura 2 – Representação gráfica do gráfico de Pareto .....	26
Figura 3 – Representação gráfica do diagrama de Ishikawa .....	28
Figura 4 – Critérios de pontuação da Matriz GUT .....	29
Figura 5 – Representação prática do método de 5 porquês .....	30
Figura 6 – Representação dos equipamentos da linha de envase .....	33
Figura 7 – Representação despaletizadora .....	33
Figura 8 – Representação desencaixotadora .....	34
Figura 9 – Representação lavadora de garrafas .....	35
Figura 10 – Representação inspetor de garrafas .....	36
Figura 11 – Representação enchedora .....	36
Figura 12 – Representação pasteurizador .....	37
Figura 13 – Representação rotuladora .....	38
Figura 14 – Representação encaixotadora .....	38
Figura 15 – Representação paletizadora .....	39
Figura 16 – Diagrama de Ishikawa da quebra maquinário na lavadora .....	49
Figura 17 – Diagrama de Ishikawa da quebra maquinário no inspetor .....	49
Figura 18 – Matriz de criticidade das causas do problema da lavadora .....	50
Figura 19 – Matriz de criticidade das causas do problema do inspetor .....	50
Figura 20 – “5 porquês” da lavadora de garrafas com foco na causa 1 .....	51
Figura 21 – “5 porquês” da lavadora de garrafas com foco na causa 2 .....	52
Figura 22 – “5 porquês” do inspetor de garrafas com foco na causa 1 .....	54
Figura 23 – “5 porquês” do inspetor de garrafas com foco na causa 2 .....	54
Figura 24 – Confirmação da ordem de serviço realizado na esteira .....	57

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Representação de uma tabela 5W2H .....	31
Tabela 2 – Quantidade de garrafas quebradas por período .....	47
Tabela 3 – Plano de ação da linha 503 .....	54
Tabela 4 – Passo a passo da metodologia utilizada na pesquisa .....	61

## **LISTA DE GRÁFICOS**

Gráfico 1 – Quebra da linha no ano de 2021 .....	46
Gráfico 2 - Quebra da linha até abril de 2022 .....	46
Gráfico 3 – Gráfico de Pareto das máquinas com maior número de quebra .....	47
Gráfico 4 - Quebra maquinário da linha 503 em 2022 .....	58

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
1.1	Formulação do Problema .....	16
1.2	Justificativa .....	17
1.3	Objetivos.....	19
1.3.1	Objetivo Geral .....	19
1.3.2	Objetivos Específicos .....	19
1.4	Estrutura do Trabalho .....	20
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>21</b>
2.1	Melhoria Contínua .....	21
2.2	Ciclo PDCA .....	21
2.2.1	Planejamento.....	23
2.2.2	Execução.....	24
2.2.3	Verificação.....	24
2.2.4	Ação.....	24
2.3	Ferramentas da qualidade .....	25
2.3.1	Diagrama de Pareto.....	26
2.3.2	Brainstorming .....	27
2.3.3	Diagrama de Ishikawa .....	27
2.3.4	Matriz GUT .....	28
2.3.5	Método dos 5 Porquês .....	29
2.3.6	5W2H.....	30
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>32</b>
3.1	Método de Pesquisa .....	32
3.2	Contextualização.....	32
3.3	Ciclo PDCA .....	40
3.3.1	Planejamento (P).....	41
3.3.2	Execução (D) .....	42
3.3.3	Verificação (C) .....	43
3.3.4	Validação (A).....	43
3.4	Recurso Humano .....	43
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>45</b>
4.1	Identificação do Problema .....	45

4.1.1	Passo 1: Coleta de dados.....	45
4.1.2	Passo 2: Identificação das causas .....	48
4.1.3	Passo 3: Priorização das causas .....	50
4.1.4	Análise das causas .....	51
4.1.5	Passo 4: Criação plano de ações .....	54
4.2	Implementação do plano .....	55
4.3	Acompanhamento dos Resultados .....	58
4.4	Padronização.....	59
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>60</b>
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>62</b>

## 1 INTRODUÇÃO

À medida que a globalização está avançando, o mercado global vem se tornando cada vez mais competitivo, exigindo das indústrias modernas a redução de custos, o aumento da produtividade e eficiência, e a melhoria contínua da qualidade em seus processos. Conforme Cabral (2021), em um ambiente de negócios em rápida e profundas mudanças, existe uma constante necessidade de inovação, agilidade, flexibilidade e competitividade das organizações.

Nesse contexto, a gestão da qualidade é considerada um fator poderoso para a conquista de mercado e a satisfação dos clientes. Isso ocorre porque, ao longo de sua evolução, a qualidade passou a incorporar às características dos produtos e serviços as exigências do mercado consumidor, além de reduzir os desperdícios nas operações de produção, o que resultou em uma maior eficiência para o negócio. (Carpinetti, 2012).

Segundo Carmo (2020), a maior dificuldade das empresas é, com certeza, a manutenção da competitividade, que lhes permite sobreviver no mercado econômico e gerar lucros. Todas querem ser competitivas, mas manter a competitividade não é algo fácil, demonstrando a importância da sobrevivência organizacional em todos os setores das indústrias. Isso deixa claro que, a manutenção da competitividade juntamente com o uso de técnicas de gestão, aumenta a possibilidade de conquista de mercado por parte das empresas.

No setor de bebidas, não seria diferente. A necessidade de sobrevivência organizacional, associada às exigências de competitividade e agilidade tecnológica, tem impulsionado o desenvolvimento de novas técnicas de gestão, como Agile management (gestão ágil) e o uso de tecnologias avançadas, como Internet das Coisas (IoT). Estas técnicas têm como objetivo manter as organizações adaptáveis em um ambiente em constante evolução, criando sistemas administrativos que sejam simultaneamente ágeis e robustos o suficiente para atender aos padrões estabelecidos pela nova estrutura econômica da sociedade. Segundo Campos (2004), uma empresa só garantirá sua sobrevivência ao se tornar competitiva, o que implica alcançar uma produtividade superior à de seus concorrentes.

Em meio a esse cenário, a utilização de ferramentas da qualidade torna-se importante para várias indústrias, não sendo diferente para o setor de bebidas, de forma que continuem mantendo e garantindo o crescimento do setor, conforme citado por

Campos acima. Essas ferramentas são técnicas utilizadas com a finalidade de definir, mensurar, analisar e propor soluções para problemas que eventualmente são encontrados e interferem no bom desempenho dos processos de trabalho (Machado, 2012, p. 46). Tais técnicas, não apenas auxiliam na adaptação às mudanças, mas também garantem a melhoria contínua dos processos, conforme foi comprovado em 1950 pela Toyota com o sistema Toyota de Produção (TPS), utilizando o Kaizen (melhoria contínua) e o método Just-in-Time (JIT), elevando os níveis de produtividade, eficiência e qualidade.

Cada organização pode adotar diferentes metodologias, como PDCA, 5S, Just-in-Time para a gestão da qualidade e a melhoria contínua dos processos. A maioria dessas ferramentas são de fácil compreensão e podem ser aplicadas tanto no nível estratégico, melhorando e corrigindo problemas, quanto no nível operacional, controlando conformidades (Sokovic, 2010; Carpinetti, 2012).

Um método fundamental de gestão da qualidade que incorpora esses conceitos é o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), uma abordagem prática e flexível que se adapta à realidade de diversas organizações e alcança resultados eficazes (Carpinetti, 2012; Medeiros, 2016). Em conjunto com o ciclo PDCA, são empregadas ferramentas, como diagrama de Pareto e diagrama de Ishikawa, que auxiliam na identificação dos problemas e na determinação de suas causas-raiz (Medeiros, 2016).

Diante dos fatos mencionados, este trabalho visa, por meio de uma pesquisa-ação, aplicar o método PDCA a um problema específico de uma companhia de bebidas localizada em uma cidade no estado de Minas Gerais.

O problema abordado baseia-se na necessidade de melhorar o indicador de quebra maquinário da companhia, aumentando a eficiência da linha e minimizando os custos de perdas com a quebra de garrafas.

## **1.1 Formulação do Problema**

Acerca do setor de bebidas, Viana (2023) afirma que:

A indústria de bebidas constitui um importante setor da indústria de transformação e, apesar de não ser um setor intensivo em mão de obra, em termos absolutos constitui grande empregador, com dezenas de milhares de empregos distribuídos em todo o Brasil. O setor possui ampla distribuição regional da produção, devido às características dos produtos, que têm a água como insumo básico. No Brasil, entre as bebidas alcoólicas, a cerveja tem

grande destaque, tendo sido responsável por 91,9% do consumo de bebidas alcoólicas (em volume) do País em 2022. Devido à presença de vários fornecedores locais e internacionais e de grandes players com atuação global, o mercado é altamente competitivo. De forma semelhante, no mercado mundial, a cerveja constitui a principal bebida alcoólica vendida, embora com menor participação no mercado, englobando 77,9% das vendas em volume no ano de 2022.

Em relação aos custos, nas indústrias de bebidas, os produtos possuem um valor agregado baixo, resultando em margens de lucro por unidade produzida bastante limitadas. Portanto, para que essas indústrias sejam financeiramente rentáveis, é importante manter uma alta produtividade nas linhas de produção, além do gerenciamento eficaz dos problemas que geram custos, fazendo o uso de ferramentas da qualidade e outras formas de controle.

Dentre os processos, destaca-se o processo de envase, momento em que um determinado líquido é devidamente porcionado e acondicionado em sua embalagem (Delgo, 2024), nele diversos insumos são consumidos, cada um contribuindo para os custos totais de produção. Os principais insumos incluem cola, garrafas, rolhas, rótulos e solventes. Além desses insumos, é essencial gerenciar outros fatores de controle que implicam em custos, como a perda de extrato, e o consumo de CO<sub>2</sub>, água e energia elétrica.

A quebra de garrafas é um dos problemas críticos que deve ser controlado rigorosamente para minimizar os custos de perdas e melhorar a rentabilidade da linha de produção, sendo essa a motivação para este trabalho. Portanto, a pergunta de pesquisa que se busca responder é: Quais ferramentas podem ser implementadas para diminuir a quebra de garrafas na linha de envase?

## **1.2 Justificativa**

Segundo Taiichi Ohno (1997), conhecido como o pai do Sistema Toyota de Produção, "Desperdício é qualquer coisa que não agregue valor ao produto final. Eliminar o desperdício é fundamental para melhorar a eficiência e maximizar os lucros de uma empresa". Conforme destacado pela citação de Ohno, focar na eliminação de desperdícios e no aumento da competitividade, é fundamental nas indústrias, especialmente na indústria de bebidas, onde os produtos possuem pequenas margens de lucro devido ao baixo valor agregado.

Ao adotar práticas de gestão que têm como objetivo eliminar perdas nos processos, como Lean Manufacturing e Six Sigma, as empresas podem melhorar seus processos de produção, reduzir custos e, conseqüentemente, oferecer produtos de maior qualidade a preços competitivos. Esse foco não apenas melhora o setor financeiro das empresas, mas também fortalece sua posição no mercado.

Sousa (2020) aplicou o ciclo PDCA para a redução de custos e perdas em uma distribuidora de hortifrúti. Após implementação das melhorias, ele teve como resultado positivo a redução em aproximadamente 50% o índice de devoluções e conseqüentemente a redução de custo.

Sendo assim, a identificação e a eliminação do desperdício das perdas das garrafas se fez necessário para que houvessem as melhorias expostas. Ao focar em um problema específico, como a quebra de garrafas na linha de envase, o trabalho aborda uma questão prática que afeta diretamente a eficiência e os custos da produção. A quebra dessas garrafas impacta em quatro grandes pilares, sendo eles: qualidade, produtividade, custos e segurança. É um item de controle que precisa ser monitorado constantemente, pois seu impacto dentro da empresa é bem representativo e seu desperdício precisa ser eliminado.

O impacto na qualidade deve-se ao fato de que, quando há uma quebra dentro da linha de produção, haverá a projeção de cacos de vidro, conseqüentemente esses cacos podem chegar a entrar dentro de uma garrafa que será envasada. Dessa forma, o risco de uma garrafa ir ao mercado contendo algum caco, é grande, esta ação pode gerar uma reclamação de um consumidor, sendo ruim para a companhia.

O impacto na produtividade ocorre quando uma garrafa quebra enquanto ela está no seu fluxo de linha, algum caco pode entrar em um equipamento ou transporte, gerando assim, micro paradas de alguns segundos/minutos que diminuem a produtividade e eficiência da linha.

O impacto nos custos acontece em razão da garrafa sendo um insumo comprado e pré planejado para uma produção, quando ele é quebrado, não será realizado o seu uso, logo houve um desperdício, cada garrafa tem seu custo unitário, sua quebra gera uma perda instantânea para a empresa.

O impacto na segurança decorre do fato de que o operador pode se acidentiar pela presença de caco no chão ou no seu equipamento. O caco pode gerar cortes e perfurações

na pele do operador, além de gerar o desequilíbrio da pessoa se for pisado, gerando uma queda em seguida.

Além desse contexto, a aplicação do ciclo PDCA em um ambiente real permite que conceitos teóricos de gestão da qualidade sejam testados e validados. Isso não apenas enriquece a literatura acadêmica, mas também fornece um modelo prático que outras indústrias podem seguir, demonstrando a eficácia das teorias em situações concretas.

Em resumo, trazer a prática para a realidade não apenas valida teorias e métodos, mas também gera soluções concretas para problemas do dia a dia das indústrias, promovendo um ciclo de melhoria contínua que beneficia tanto as organizações quanto seus colaboradores.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho foi aplicar o método PDCA (Plan, Do, Check, Act) para determinar as etapas do projeto em uma linha de envase com o intuito de reduzir o indicador de quebra de garrafas. Também foram utilizadas técnicas de análise e ferramentas da qualidade para a descoberta da causa-raiz dos problemas, como: diagrama de Pareto, *brainstorming*, diagrama de Ishikawa (causa e efeito), matriz GUT, método dos cinco porquês e 5W2H.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos foram:

- Definir o processo produtivo da linha de envase;
- Utilizar o ciclo PDCA e ferramentas da qualidade para determinação da causa-raiz dos problemas;
- Identificar equipamentos críticos que geram a quebra de garrafas, estratificando trecho a trecho;
- Responder à pergunta de pesquisa: Quais ferramentas podem ser implementadas para diminuir a quebra de garrafas na linha de envase?

- Avaliar de forma crítica os resultados alcançados durante a execução das ações;
- Identificar itens que podem ser trocados para melhoria do processo;
- Estabelecer padrões para as melhorias obtidas a partir desse trabalho.

#### **1.4 Estrutura do Trabalho**

O trabalho está estruturado em cinco capítulos que abordam aspectos fundamentais da pesquisa e da aplicação do método PDCA, sendo eles: introdução, revisão bibliográfica, metodologia, resultados e discussões e considerações finais. No capítulo 1 é apresentado o contexto e a relevância do tema, além dos objetivos da pesquisa, estabelecendo a base para o entendimento do problema da quebra de garrafas. No capítulo 2 são discutidas as principais teorias e conceitos relacionados à gestão da qualidade, com ênfase no ciclo PDCA e nas ferramentas da qualidade, fornecendo um embasamento teórico para a aplicação prática do método. No capítulo 3 são descritos os métodos e procedimentos utilizados na pesquisa-ação. No capítulo 4, apresenta os resultados obtidos com a aplicação do PDCA, analisando as quebras de garrafas antes e depois das intervenções corretivas, permitindo uma reflexão crítica sobre a eficácia das ações realizadas. Por fim, o capítulo 5 sintetiza os principais achados da pesquisa, apresentando as considerações finais do estudo.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Melhoria Contínua**

A melhoria contínua é um conceito ocidental que tem sua origem no termo japonês Kaizen, fundamentado nas teorias de Juran, Deming e Ishikawa, e que surgiu na década de 1980 sob a orientação de Masaaki Imai (Castro; Galelli, 2016). Esta abordagem de melhoria visa aprimorar os processos produtivos por meio da inovação constante, identificando e eliminando problemas de forma sistemática (Longo et al., 2016).

A melhoria contínua, caracteriza-se como um processo cíclico, no qual é possível propor novas ações de melhoria baseadas no conhecimento e nos resultados previamente adquiridos sobre um determinado objeto de estudo (Carpinetti, 2012). A ferramenta de melhoria contínua mais amplamente adotada é o ciclo PDCA, utilizado para atingir novas metas. De acordo com Tayaksi, Sagnak, & Kazancoglu (2020), essa estratégia tem como objetivo principal aumentar a eficiência de produção por meio da eliminação de desperdícios, sendo uma filosofia de gestão que vem sendo continuamente adaptada em diferentes setores industriais.

### **2.2 Ciclo PDCA**

O ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act) é uma ferramenta aplicada na melhoria de processos de gestão, sendo caracterizado como um método de melhoria da qualidade por meio de um sistema de ciclo contínuo, onde a qualidade subirá um novo nível a partir da conclusão de cada ciclo (Lopes; Alves, 2020).

O ciclo é totalmente interativo, de forma que, a cada repetição que é realizada, chega-se a um resultado diferente, estes resultados serão utilizados nas próximas vezes de forma acumulativa. Além disso, é de grande importância a etapa de medição dentro do ciclo, pois é essencial medir os resultados estatisticamente, com dados concretos para que possam ser gerenciados e repetidos os melhores processos.

O ciclo PDCA surgiu em 1950 pelo seu criador, o engenheiro Walter Shewhart, porém o modelo foi se tornar famoso em 1970, principalmente no Japão, pelo professor americano William Deming. A inspiração para criação do ciclo PDCA veio

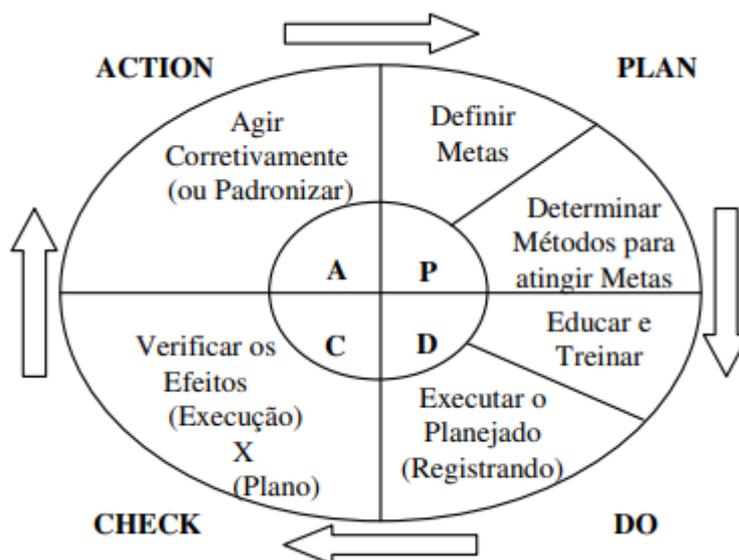
principalmente de dois americanos Clarence Irving Lewis e John Dewey que foram fundadores da escola filosófica do pragmatismo.

Dewey determinava a solução dos problemas em cinco passos, que foram essenciais para a criação do Ciclo PDCA, sendo eles:

- Perceber a dificuldade;
- Localizar o problema;
- Definir o problema;
- Sugerir possíveis soluções e desenvolver através do raciocínio as influências sugeridas;
- Observar posteriormente as soluções aplicadas, que levam a sua aceitação ou rejeição.

O conceito de melhoria contínua é um processo que não tem fim, é necessário questionar repetidamente e novamente os trabalhos de uma operação. Brocka (1994) expôs que o ciclo PDCA é utilizado para acompanhar as mudanças do processo e suas evoluções, de forma que as melhorias obtidas sejam padronizadas e os maiores problemas sejam detectados. Caso não seja obtido, o resultado esperado, é retomada a etapa inicial de planejamento até que seu objetivo seja alcançado. Rodrigues et al. (2017) descrevem este ciclo como ininterrupto, que visa a melhoria contínua, pois, usando o que foi aprendido em uma aplicação do ciclo PDCA, pode-se começar outro ciclo, em uma tentativa mais complexa e, assim, sucessivamente.

**Figura 1** – Método PDCA de gerenciamento de processos



Fonte: Campos (1992, p. 30)

Segundo Silva (2009), o ciclo é realizado usando como base uma comparação entre a realidade da situação e o que é desejado. Portanto, o executado com o planejado, dessa forma, possibilita a entrada de ações corretivas e preventivas, para que o problema não se repita. Faria e Longhini (2021) ressaltam que é importante reiniciar periodicamente o ciclo PDCA, de modo a se visar a melhoria contínua do processo.

### 2.2.1 Planejamento

Segundo Campos (1992), a fase P (plan/planejamento) do ciclo PDCA envolve identificar o problema, observar e reconhecer as características do problema, analisar o processo identificando as principais causas que impedem a conquista das metas e desenvolver um plano de ação, de forma a implementar contramedidas para essas causas.

Esta etapa estabelece o método para alcançar a meta, desencadeando todo o processo subsequente. A eficácia do método depende de um planejamento detalhado e bem estruturado. Nessa fase, é essencial envolver pessoas de diferentes áreas, permitindo que cada uma contribua com suas perspectivas únicas (Paladini, 2012).

Em geral, refere-se ao ato de planejar, tendo como objetivo principal definir metas claras e mensuráveis, além de elaborar um plano de ação detalhado para alcançar as metas (Castello et al., 2022).

### **2.2.2 Execução**

A segunda fase do ciclo PDCA é a fase D (do/execução). Nesta fase, todas as metas e objetivos definidos na etapa anterior, e devidamente formalizados em um plano de ação, devem ser implementados de acordo com a filosofia de trabalho de cada organização.

Essa etapa somente será viável se houver a existência de um plano de ação bem estruturado, conforme demonstrado no capítulo anterior. Por outro lado, um plano de ação não atingirá seu objetivo caso não seja colocado em prática. A etapa DO permite que o plano de ação seja praticado de forma gradual, organizada, permitindo maior eficácia das medidas a serem tomadas (Badiru, 1993).

### **2.2.3 Verificação**

A terceira fase do ciclo PDCA é a fase C (check/verificação). Nela é verificado as ações executadas na fase anterior (D). Ela irá se estruturar nos resultados das ações vindas da fase do planejamento e execução e irá realizar a comparação dos resultados para verificar se houve melhoria.

Na fase de comparação dos resultados, deve-se fazer uso dos dados coletados anteriormente (antes e depois das ações realizadas) para comparar por meio de relatórios de *follow up* e gráficos de gestão à vista a fim de comparar e avaliar se o resultado alcançado está conforme o planejado/esperado (Silva et al., 2023).

### **2.2.4 Ação**

A fase final do ciclo PDCA é a fase A (act/ação). Ela é definida pelo processo de padronização das ações executadas, cuja eficácia foi previamente verificada na etapa anterior, com o objetivo de promover a melhoria contínua.

Segundo Badiru (1993), as ações nesta fase devem ser fundamentadas nos resultados positivos obtidos na fase anterior, “Verificação”, com a expectativa de padronizar essas ações para serem aplicadas em situações futuras semelhantes. De acordo com Souza (1997) e Melo (2001), o processo de padronização envolve a elaboração de um novo padrão ou a modificação de um já existente.

### **2.3 Ferramentas da qualidade**

As ferramentas da qualidade são um conjunto de metodologias utilizadas para solução de problemas em uma empresa, por meio da definição, medição e análises, gerando uma melhor organização dos processos e alcançando qualidade, melhoria contínua e foco no que os clientes necessitam (Neoprosecta, 2020).

Elas são instrumentos que auxiliam na tomada de decisões e podem ser utilizadas em conjunto com o ciclo PDCA para ações mais assertivas. Segundo Paladini (2012), estas ferramentas são definidas como procedimentos gráficos ou analíticos, dispositivos, formulações práticas, esquemas, ou métodos estruturados que viabilizam a implementação da qualidade total.

Sendo assim, essas ferramentas permitem uma análise precisa e sistemática dos processos, identificando pontos de ineficiência e oportunidades de melhoria. Com a aplicação dessas ferramentas, as organizações conseguem monitorar e controlar seus processos de maneira contínua, o que resulta em aumento da produtividade, redução de desperdícios e melhoria da qualidade dos produtos e serviços. Lopes e Alves (2020) deixam claro que é importante o uso dessa ferramenta nas empresas, não só para manter um controle sob as atividades desenvolvidas, mas também para melhorar a qualidade de seus produtos ou serviços, sendo uma forma de ficar em um patamar superior diante dos desafios da competitividade no mercado.

As ferramentas apresentadas no presente trabalho são: diagrama de Pareto, *brainstorming*, diagrama de Ishikawa (causa e efeito), matriz GUT, método dos cinco porquês, 5W2H. Foi feita a escolha dessas ferramentas para proporcionar uma abordagem estruturada e colaborativa na identificação e resolução dos problemas da quebra de garrafas na linha. Essas ferramentas permitem uma análise detalhada das causas-raiz,

priorização eficaz dos problemas e implementação de soluções corretivas e preventivas, garantindo melhorias contínuas e sustentáveis no processo produtivo.

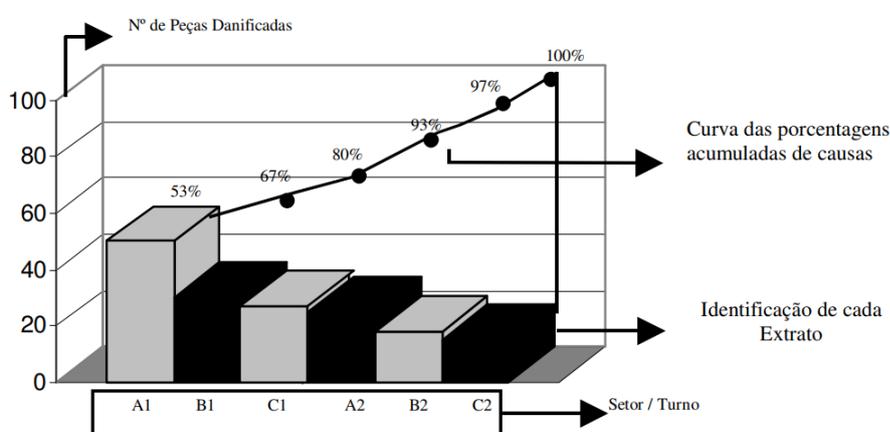
### 2.3.1 Diagrama de Pareto

O gráfico de Pareto é baseado no princípio identificado pelo economista italiano Vilfredo Pareto, que estabelece que a maior parte das perdas relacionadas à qualidade advém de alguns poucos, mas essenciais, problemas. Em outras palavras, a resolução de 20% dos problemas pode representar uma redução de 80% das perdas (Carpinetti, 2012).

O diagrama é apresentado por meio de um gráfico de barras verticais organizadas em ordem decrescente, onde cada causa é quantificada conforme sua contribuição para os problemas, conforme ilustrado na Figura 2. Os dados são representados por três eixos: o eixo vertical à esquerda indica a frequência, o eixo vertical à direita mostra o percentual acumulado, e o eixo horizontal representa os tipos de eventos. Assim, essa ferramenta é fundamental para a priorização das ações (Campos, 2004).

O Gráfico de Pareto é utilizado para identificar quantitativamente as causas mais significativas, organizadas em ordem decrescente, a partir da estratificação, o resultado é uma ilustração simples e que facilita a aplicação de esforços para a análise de problemas (De Souza Coelho et al., 2016). A Figura 2 apresenta um exemplo de Gráfico de Pareto baseado em um problema hipotético de alto índice de peças danificadas em uma linha de produção.

**Figura 2 - Representação gráfica do gráfico de Pareto**



Fonte: Silva (1995)

### **2.3.2 Brainstorming**

O Brainstorming, conhecido como "tempestade de ideias", é uma técnica de dinâmica de grupo utilizada para explorar a criatividade individual e a capacidade analítica do grupo. Esta abordagem se fundamenta em dois princípios e quatro regras essenciais. Os princípios são: Adiamiento do julgamento e Geração de ideias em quantidade e qualidade, garantindo assim a produção de um grande número de ideias sem julgamentos por parte dos outros participantes (Abrantes, 2009).

Segundo Silva et al. (2022), é possível obter mais de 100 ideias em uma reunião de uma a duas horas. Os pensamentos iniciais são geralmente os mais perceptíveis e as ideias mais inovadoras, com melhor consistência aparece no final da reunião.

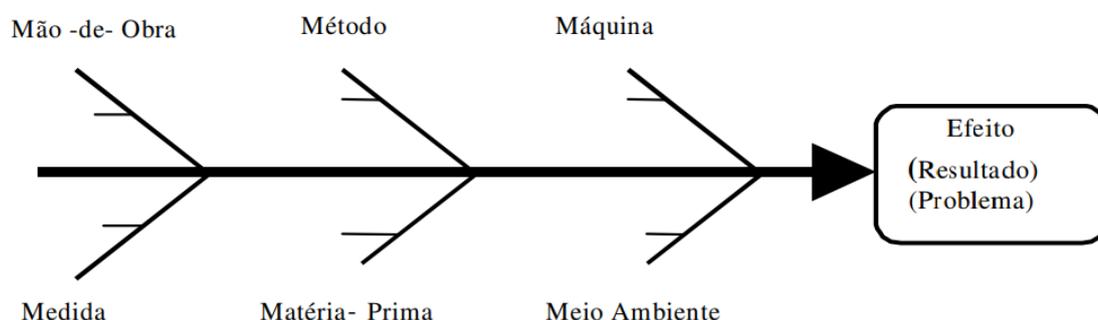
### **2.3.3 Diagrama de Ishikawa**

Criada e desenvolvida por Kaoru Ishikawa, essa ferramenta, também conhecida como Diagrama de Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito, é ilustrada na Figura 3. É uma ferramenta antiga e muito utilizada em diversas indústrias dos mais diversos segmentos (Carvalho; Paladini, 2012).

Trata-se de uma técnica simples e eficaz para enumerar as possíveis causas de um problema específico. As causas são agrupadas em categorias para facilitar a análise, sendo visualmente relacionadas ao efeito causado de maneira clara e organizada.

O diagrama de Ishikawa, também chamado de 6M, é segmentado em seis causas potenciais: máquina, mão de obra, material, método, meio ambiente e medida. A construção do diagrama começa pela identificação do efeito do problema a ser analisada, o que é representado na "cabeça" do desenho do peixe. Posteriormente, são anotadas ao longo das "espinhas" como possíveis causas que podem estar associadas (Silva e Souza, 2022).

**Figura 3** - Representação gráfica do diagrama de Ishikawa



Fonte: Campos (1992, p. 18)

#### 2.3.4 Matriz GUT

A Matriz GUT é uma ferramenta utilizada para estabelecer prioridades em uma lista específica, empregando técnicas participativas de grupo para obter um referencial numérico que facilite a priorização. A análise é realizada considerando três dimensões essenciais da atividade: Gravidade (G), Urgência (U) e Tendência (T) (Abrantes, 2009). Os critérios de pontuação variam de 1 a 5 para cada dimensão, permitindo que a matriz apresente, em ordem decrescente, os problemas a serem abordados para a melhoria do processo (Abrantes, 2009).

Segundo Silva e Souza (2022), essa ferramenta é amplamente utilizada na resolução de problemas organizacionais, pois permite priorizar situações que requerem maior atenção e que apresentam maior propensão a erros recorrentes e consequências graves, como a interrupção de processos. A Figura 4 apresenta os critérios de pontuação para cada dimensão.

**Figura 4 - Critérios de pontuação da Matriz GUT**

Valor	Gravidade (Consequências se nada for feito)	Urgência (Prazo para tomada de decisão)	Tendência (Proporção do problema no futuro)	Valor Total (G x U x T)
5	Os prejuízos ou dificuldades são extremamente graves	É necessário uma ação imediata	Se nada for feito, o agravamento da situação será imediato	$5 \times 5 \times 5 = 125$
4	Muito graves	Com alguma urgência	Vai piorar no curto prazo	$4 \times 4 \times 4 = 64$
3	Graves	O mais cedo possível	Vai piorar no médio prazo	$3 \times 3 \times 3 = 27$
2	Pouca gravidade	Pode esperar um pouco	Vai piorar no longo prazo	$2 \times 2 \times 2 = 8$
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Não vai piorar (e pode até melhorar)	$1 \times 1 \times 1 = 1$

Fonte: Abrantes (2009)

### 2.3.5 Método dos 5 Porquês

O método dos 5 porquês é uma abordagem científica adotada no sistema de Produção Toyota para identificar a verdadeira causa raiz de um problema, frequentemente oculta por sintomas aparentes (Ohno, 1997). Desenvolvida por Taiichi Ohno, criador do Sistema de Produção Toyota, essa ferramenta de resolução de problemas consiste em formular a pergunta "Por quê" cinco vezes, com o intuito de compreender a causa raiz do problema. Inicialmente é destacado o problema e há a indagação do porquê ele está acontecendo, a partir do momento que é feita a resposta da primeira pergunta, automaticamente é criada uma nova pergunta com base na resposta dada. Geralmente, até a quinta resposta, já é possível encontrar a causa raiz do problema analisado, porém se

não for o caso, pode ser realizado mais perguntas ou até mesmo menos que 5 até encontrar a causa, isso que é o importante.

**Figura 5 - Representação prática do método de 5 porquês**

<b>Principais Causas</b>	<b>Porquê?</b>	<b>Porquê?</b>	<b>Porquê?</b>	<b>Porquê?</b>
Falha no acionamento do equipamento gargalo	Operador não está acionando o bimanual corretamente	Não tem prática com a operação	Não foi treinado corretamente para o posto	
Pequenas paradas de linha	Algumas vezes não há peça para processar	O transportador transporta uma peça por vez	O transportador não tem capacidade para conter <i>buffer</i>	
Falta de peças no posto gargalo	O abastecedor para a célula	Não há peças na linha durante o período	Não há <i>buffer</i> para manter a linha abastecida	O transportador não tem capacidade para conter <i>buffer</i>
Falta de padronização do método de trabalho	Não foi realizada um estudo detalhado da célula			

Fonte: Melo et al. (2015)

### 2.3.6 5W2H

Essa ferramenta é amplamente utilizada no planejamento de projetos e atividades, pois permite organizar e distribuir as ações de maneira clara e objetiva (prazos, responsabilidades, recursos humanos, infraestrutura, recursos financeiros e técnicos) (Oliveira, 2016). Seu nome é derivado das iniciais dos seguintes pontos: What (O quê), Why (Por quê), Who (Quem), Where (Onde), When (Quando), How (Como) e How Much (Quanto) (Abrantes, 2009), conforme é possível observar abaixo na tabela 1.

**Tabela 1 - Representação de uma tabela 5W2H**

5W					2H	
WHAT (O QUE)	WHY (POR QUE)	WHERE (ONDE)	WHO (QUEM)	WHEN (QUANDO)	HOW (COMO)	HOW MUCH (QUANTO CUSTA)
<p>O QUE SERÁ FEITO?</p> <p>QUAL É O SEU OBJETIVO?</p> <p>COMO DESCREVER O MELHOR QUE PODE OBTER NESTA SITUAÇÃO?</p>	<p>POR QUE SERÁ FEITO?</p> <p>QUAL É A RAZÃO QUE MOTIVA ESSA AÇÃO?</p> <p>O QUE VAI CONSEGUIR DE RETORNO?</p> <p>FAZ PARTE DE SUA MISSÃO?</p> <p>VALE A PENA?</p>	<p>ONDE SERÁ FEITO?</p>	<p>POR QUEM SERÁ FEITO?</p> <p>QUEM ESTÁ ENVOLVIDO OU É RESPONSÁVEL EM CADA AÇÃO?</p> <p>QUEM DEVE SER AVISADO?</p>	<p>QUANDO SERÁ FEITO?</p> <p>QUAIS SÃO AS PRIMEIRAS AÇÕES NECESSÁRIAS?</p> <p>ESSAS AÇÕES SÃO PROATIVAS OU DEPENDEM DE OUTRAS FORA DO SEU CONTROLE?</p>	<p>COMO SERÁ FEITO?</p> <p>COMO INICIAR, MENSURAR E ATIVAR AS AÇÕES NECESSÁRIAS?</p> <p>QUAIS SÃO AS SOLUÇÕES DE CONTINGÊNCIA, NO CASO DE ENCONTRAR OBSTÁCULOS?</p> <p>O QUE SINALIZARÁ QUE É O MOMENTO DE AGIR ASSIM?</p>	<p>QUANTO CUSTARÁ FAZER?</p> <p>QUANTO CUSTARÁ EM TEMPO, ESFORÇO, DINHEIRO, CONHECIMENTO, PREPARAÇÃO PSICOLÓGICA E NEGOCIAÇÃO OU MOTIVAÇÃO PESSOAL E DE GRUPO?</p>

Fonte: SEBRAE-SC (n.d.)

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Método de Pesquisa**

No problema em questão, o método de pesquisa utilizado foi o de pesquisa-ação. Este método de pesquisa é utilizado para a elaboração de diagnósticos, a identificação de problemas e a busca por soluções.

A pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e na qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo (Thiollent, 1997).

Segundo Stringer (1996), a pesquisa-ação envolve um ciclo composto por três etapas principais: observar, para coletar dados e criar um panorama; pensar, para investigar, examinar e entender os acontecimentos; e agir, colocando em prática e avaliando as medidas tomadas.

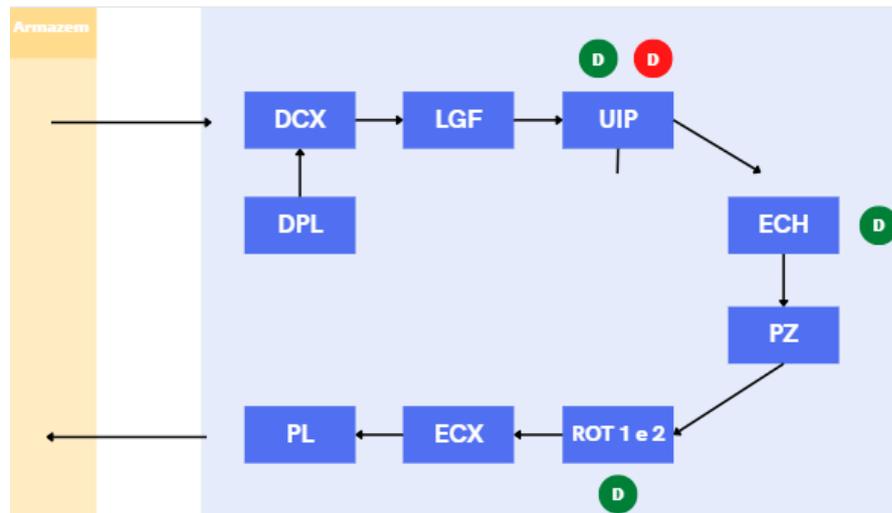
Quanto à abordagem do problema, de acordo com Severino (2007), esta pesquisa é classificada como quantitativa e qualitativa. A abordagem quantitativa é justificada pela coleta de dados numéricos para quantificar o problema. Por outro lado, a abordagem qualitativa é justificada pela obtenção de informações por meio de observações e testes procedimentais.

#### **3.2 Contextualização**

O projeto foi iniciado, em maio de 2022, em uma fábrica pertencente a uma das maiores empresas fabricantes de cerveja do mundo, para manter sua confidencialidade iremos denominá-la como empresa Alfa. A duração da pesquisa, juntamente com a implementação das técnicas, foi até o final de junho do mesmo ano.

Para a realização do projeto, foi analisada uma linha de envase de cervejas 300 mililitros, a linha de produção da companhia Alfa é composta por 10 equipamentos. Para maior entendimento do processo produtivo, é possível observar seus equipamentos na figura 6.

**Figura 6 - Fluxo produtivo da linha de envase da cervejaria**



Fonte: Base disponibilizada pela companhia Alfa (2022)

Despaletizadora (DPL): A despaletizadora é o primeiro equipamento que as garrafas retornáveis têm contato, por serem garrafas retornáveis elas vieram do mercado dentro de caixas, cada caixa contém 24 garrafas de 300 mililitros e cada palete contém 81 caixas, totalizando 1944 garrafas. A função da despaletizadora é retirar caixa por caixa do palete e inserir uma por uma na linha de produção.

**Figura 7 – Representação despaletizadora**



Fonte: Direct Industry (2024)

Desencaixotadora (DCX): A desencaixotadora é o segundo equipamento da linha de envase, ela é responsável por retirar as garrafas de dentro das caixas e inseri-las na linha, neste momento é possível que já haja algumas garrafas quebradas na linha de produção, porém esse tipo de garrafa quebrada não é contado no nosso indicador do projeto, pois a garrafa já veio assim do mercado, portanto não foi uma quebra gerada pela a linha de envase.

**Figura 8** – Representação desencaixotadora



Fonte: Zegla (2024)

Lavadora de garrafas (LGF): A lavadora de garrafas é o terceiro equipamento da linha, sendo responsável por lavar as garrafas e realizar sua esterilização por meio de lavagens químicas em altas temperaturas.

**Figura 9** – Representação lavadora de garrafas



Fonte: Kronen (2024)

Inspetor Eletrônico (UIP): O inspetor eletrônico é o quarto equipamento, ele é responsável pela inspeção do nível de limpeza da garrafa e se há alguma anomalia, como, por exemplo, alguma parte quebrada ou objeto estranho no seu interior que possivelmente não será retirado mesmo se for realizado mais uma lavagem. Portanto, o inspetor é responsável por verificar as garrafas na linha de envase, e se algo de errado for detectado, a garrafa será rejeitada da linha.

**Figura 10** – Representação inspetor de garrafas



Fonte: Direct Industry (2024)

Enchedora (ECH): A enchedora de garrafas é o quinto equipamento, ele é responsável por inserir CO<sub>2</sub>, além de envasar a cerveja dentro da garrafa. Dentro da enchedora há o arrolhador que será responsável por lacrar a garrafa com uma rolha.

**Figura 11** – Representação enchedora



Fonte: Direct Industry (2024)

Pasteurizador (PZ): O pasteurizador é o sexto equipamento, sendo responsável por pasteurizar a cerveja. Ele tem dois andares e cada andar pasteuriza o produto por meio de jatos de água em altas temperaturas, cada garrafa fica 60 minutos no interior do equipamento.

**Figura 12** – Representação pasteurizador



Fonte: Direct Industry (2024)

Rotuladoras 1 e 2 (ROT 1 e 2): As rotuladoras 1 e 2 são responsáveis por rotular as garrafas de acordo com sua marca, além de inserir a validade e o local de fabricação na garrafa.

**Figura 13 – Representação rotuladora**



Fonte: Engarrafador Moderno (2024)

Encaixotadora (ECX): A encaixotadora é o nono equipamento, sendo responsável por inserir novamente as garrafas que estão na linha de transporte dentro das caixas de 24 espaços.

**Figura 14 – Representação encaixotadora**



Fonte: Zegla (2024)

Paletizadora (PL): A paletizadora é o décimo equipamento, sendo responsável por retirar cada caixa cheia com as garrafas e empilhá-las em um palete, cada palete contendo 81 caixas.

**Figura 15** – Representação paletizadora



Fonte: Direct Industry (2024)

A companhia Alfa trabalha em 3 turnos, havendo entre eles reuniões de repasses para alinhamento de como está a linha de produção. Nessas reuniões também é passado os indicadores que estão sendo monitorados, para que, caso ocorra algum problema que impacta estes indicadores, a ação tem que ser priorizada e imediata.

O indicador de quebra de garrafas na linha é denominado “Quebra Maquinário”, pois são garrafas que quebraram dentro ou no percurso das máquinas. O cálculo é feito da seguinte forma:

$$QM = DPL - QP - DEV - GF - PL$$

Em que:

*QM* - Quebra Maquinário;

*DPL* - Número de garrafas que entraram na Despaletizadora, provenientes do registro dos sensores que contabiliza quantas caixas entraram na máquina, multiplicando pela sua capacidade de garrafas (24 garrafas por caixa);

*QP* - Quebra Proposital;

*DEV* – Quantidade de garrafas retornadas à Logística, podendo incluir garrafas em bom estado que não foram utilizadas na produção por diversos motivos, além de garrafas de marcas concorrentes ou de refrigerantes;

*GF* – Quantidade de garrafas ausentes nas caixas. Esse número é determinado por uma porcentagem calculada diariamente, baseada na inspeção de algumas garrafeiras (caixas) de um caminhão transportador selecionado aleatoriamente pelo software de logística da empresa, subtraído do total de garrafas enviadas para a Despaletizadora.

*PL* – Produção Líquida é a quantidade de garrafas registradas na Paletizadora, contabilizadas pelos sensores que contam cada caixa contendo 24 garrafas que seguem para a paletização.

Embora os contadores de cada equipamento pudessem ser usados para determinar a quantidade total de garrafas que entraram e saíram de cada máquina, neste projeto, optou-se pela pesagem dos cacos ao final de cada turno para quantificar melhor a quebra de garrafas. Isso ocorreu porque, em muitos casos, os operadores esqueciam de zerar os contadores no início de cada processo, tornando os números não confiáveis para a identificação de qual maquinário apresentava a maior ocorrência de quebras. Na pesagem dos cacos, a cada 240 gramas era contabilizado uma garrafa quebrada, dessa forma era possível saber quantas garrafas estavam quebrando em cada trecho.

Anualmente, era passado pela parte gerencial da companhia Alfa, a meta que precisaria ser alcançada no final do ano para este indicador. Em 2022, a meta era de 0,46%.

### **3.3 Ciclo PDCA**

Ao analisar o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Act), conclui-se que ele incorpora todos os passos necessários para a realização da pesquisa-ação, empregando ferramentas específicas em cada etapa que irão colaborar para a solução do problema. Na fase de

Planejamento (Plan) do PDCA, foi necessário utilizar ferramentas da qualidade para a coleta de dados, como gráficos de séries temporais do indicador (ano anterior e ano vigente) e a leitura dos pesos dos cacos de cada equipamento. Reunião com a equipe para realização do brainstorming para pontuação de possíveis causas. E para a análise dos dados, foram utilizados o Gráfico de Pareto e o Diagrama de Ishikawa. O planejamento da ação contou com ferramentas como a Matriz GUT e o método 5W2H.

A fase de execução (Do) do PDCA corresponde diretamente à etapa de implementação do método de pesquisa-ação. Durante esta fase, é interessante que ocorra simultaneamente a fase de verificação (Check), que desempenha o papel de monitoramento do método. Para finalizar o ciclo, a fase de validação (Act) do PDCA, que equivale à etapa de avaliação, envolve a revisão do processo com o objetivo de avaliar os resultados e incorporar melhorias para o ciclo subsequente.

### **3.3.1 Planejamento (P)**

A primeira etapa iniciada no projeto de melhoria foi a fase do planejamento, sendo o primeiro passo a Identificação do Problema. Este é o momento em que são definidos os objetivos e os processos necessários para a obtenção da meta desejada. O principal foco foi compreender claramente a anomalia associada à meta e reconhecer sua importância.

Para a identificação do problema foi necessário:

- Definir e calendarizar a meta;
- Definir KPIs;
- Definir a lacuna;
- Obter o entendimento do problema;
- Estruturar a equipe do projeto.

Inicialmente foi criado um gráfico de série temporal do ano anterior (2021) e do ano que o projeto foi realizado (2022), para que assim fosse possível perceber algumas variações ou tendências que pudessem ajudar a iniciar a identificação do problema. Mensalmente, era atualizado o gráfico do ano vigente para que pudessem controlar o KPI, e verificar se o número de quebras de garrafas estava diminuindo, bem como para avaliar o progresso em relação à meta planejada.

Para entender o que estava acontecendo, foi usado o segundo passo do Ciclo PDCA, a Observação do Problema. Dessa forma, foi possível fazer uma melhor investigação para serem mais certos no problema foco que estava ocasionando o aumento rápido das quebras das garrafas.

Para isso, foi utilizado o gráfico de Pareto para ser descoberto qual máquina estava representando 80% da nossa quebra. Para ser possível a criação do Gráfico de Pareto, o dado coletado foi o peso dos cacos de vidros de garrafas que estavam na área de cada máquina, posteriormente este peso era convertido em número de garrafas.

Após serem identificadas pelo gráfico de Pareto as máquinas que são as maiores geradoras da quebra das garrafas, foi iniciado o terceiro passo, a utilização de outra ferramenta da qualidade, o Diagrama de Ishikawa, para serem identificadas as principais causas dessas quebras nas máquinas. Para isso, foi realizado um *Brainstorming* com os operadores mais seniores dos equipamentos de maior impacto, pois neste momento é essencial ter o maior número de ideias e sugestões possíveis para ter maior probabilidade de encontrar as causas principais.

Com as causas mapeadas, foi necessário compreender quais precisariam de maior prioridade, para isso, foram avaliadas a gravidade, urgência e tendência de cada uma delas utilizando a Matriz GUT. De acordo com essa avaliação foi necessário realizar uma análise das maiores causas do problema discutido, para isso, foi realizado a técnica dos 5 Porquês para chegar na causa raiz de cada um dos problemas que foram mapeados de maior impacto.

Após a identificação das causas-raiz, foi iniciado o passo 4 com a criação de um plano de ação para esses problemas, utilizando a ferramenta 5W2H. Dessa forma, foi estipulada as ações e seu tipo, além dos prazos e seus responsáveis.

### **3.3.2 Execução (D)**

Nesta fase é iniciado a implementação dos planos de ação, sendo essencial que as pessoas responsáveis pela ação fossem treinadas e capacitadas, que os prazos estipulados fossem cumpridos, que as tarefas e suas razões fossem claramente apresentadas, que todos os resultados alcançados fossem registrados, e que a execução das ações fosse verificada por meio de reuniões ou diretamente no campo.

### **3.3.3 Verificação (C)**

Nesta fase, o objetivo é acompanhar os resultados de cada ação determinada nos planos de ação e comparar o que estava previsto, realizando periodicamente a verificação dos resultados.

Portanto, após a execução das medidas, foi necessário proceder à coleta de dados para determinar os resultados. Esta fase permitiu verificar se as causas foram analisadas de maneira adequada, se as ações elaboradas se mostraram eficazes e se os responsáveis cumpriram com o que foi proposto.

### **3.3.4 Validação (A)**

A etapa final do ciclo envolve uma avaliação crítica do trabalho realizado, buscando padronizar as ações que foram bem-sucedidas e corrigir aquelas que não obtiveram êxito, permitindo assim o reinício do ciclo.

## **3.4 Recurso Humano**

Segundo Silva (2002, p.224), “o principal interesse gerencial é motivar os funcionários a alcançar os objetivos organizacionais de um modo eficiente e eficaz”. A participação ativa das pessoas envolvidas em processos de melhoria contínua é essencial para o sucesso de qualquer iniciativa organizacional. Eles desempenham um papel relevante na identificação das causas-raiz dos problemas, uma vez que possuem o conhecimento prático e específico das operações diárias e das nuances que podem não ser visíveis em análises superficiais. Além disso, ao serem diretamente impactadas pelas mudanças propostas, essas pessoas trazem perspectivas inovadoras sobre a viabilidade e a eficácia das soluções sugeridas.

A todo momento neste projeto, os principais operadores de cada equipamento, estiveram presente para darem suas ideias. A inclusão de seus insights não apenas enriqueceu o diagnóstico das falhas, mas também contribuiu para a criação de soluções mais compatíveis com a realidade operacional, promovendo maior facilidade e

comprometimento com a implementação das melhorias. Portanto, o envolvimento dos operadores foi uma peça-chave para garantir a sustentabilidade das ações de melhoria e o aprimoramento contínuo dos processos organizacionais.

O treinamento dessas pessoas foi igualmente fundamental para garantir o sucesso das mudanças e a evolução contínua. A capacitação adequada permitiu que os colaboradores pudessem utilizar de maneira eficiente as ferramentas da qualidade que foram planejadas, desenvolvendo melhores métodos para identificar problemas, propor soluções inovadoras e adotar novas práticas de forma eficiente. Além disso, o treinamento reforçou a cultura de melhoria contínua, ensinando a todos a adaptar-se aos cenários que estão em constante transformação, de forma que, todos trabalham para o mesmo propósito. O recurso humano, nesse contexto, tornou-se o ativo mais valioso da companhia, pois foram eles que, com o seu conhecimento e competência, garantiram a execução eficaz das estratégias de melhoria. Investir no desenvolvimento desse capital humano não apenas potencializa o sucesso das iniciativas de aprimoramento, mas também fortalece o engajamento e a motivação dos funcionários, promovendo um ambiente de colaboração e crescimento mútuo dentro da organização de forma sustentável.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

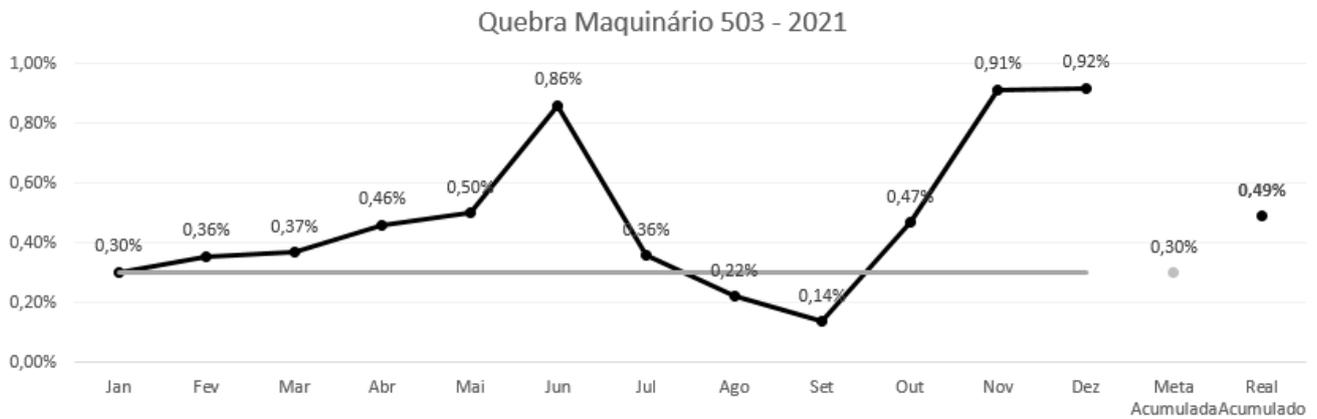
### **4.1 Identificação do Problema**

#### **4.1.1 Passo 1: Coleta de dados**

A primeira etapa do projeto foi a coleta de dados dos índices históricos da quebra, para isso foi realizado uma série temporal do ano anterior (2021) e do ano vigente (2022). As séries temporais auxiliam a identificar tendências, variações ou anomalias que podem ser úteis na identificação inicial de um problema. A linha do gráfico não revela o fator específico, mas indica sua presença e sinaliza que algo incomum ocorreu naquela situação. Com base nisso, podemos aprofundar a análise e descobrir outros elementos.

No gráfico 1 é possível observar que no início do ano de 2021 houve um aumento gradual da quebra até maio, mostrando que algum equipamento já estava apresentando defeitos que comprometia a quebra das garrafas. Em junho teve o seu pico, sendo mais visível para todos que estava havendo algum problema em um equipamento. Os operadores atuaram no problema e então em julho a quebra diminuiu novamente. O problema é que antes não era explícito o que estava acontecendo na linha, então atuavam de forma corretiva ao invés de preventiva. Ao longo do ano foi ocorrendo outros problemas até que no fim do ano a quebra de dezembro fechou em 0,92%. A linha no acumulado do ano, estava com o indicador em 0,49%, não batendo a meta de 2021 que era 0,46%, deixando visível a necessidade de um maior entendimento do que estava ocorrendo nos equipamentos.

**Gráfico 1 - Quebra da linha no ano de 2021**



Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

O gráfico 2 representa o histórico de quebra no ano que foi realizado o projeto (2022). Todo o projeto se iniciou em maio após ser verificado que em abril a quebra fechou em 0,78%. A meta de 2022 era novamente 0,46%, porém era trabalhado com a meta desafio de 0,30% nos quadros de gestão à vista, para que todos pudessem dar seu melhor para a meta real ser alcançado.

**Gráfico 2 - Quebra da linha até abril de 2022**



Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

Abaixo está a Tabela 2, no qual mostra que uma média de 165 mil garrafas foram quebradas em abril, considerando que a linha produza em 22 dias por mês, a perda média diária estava sendo de 7.500 garrafas, para os padrões de qualidade da empresa, esse valor era inaceitável.

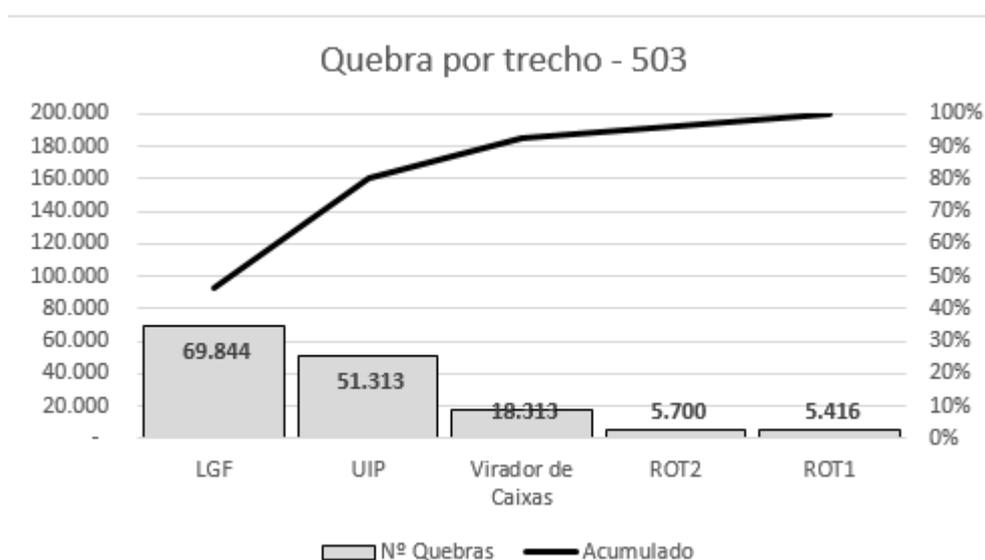
**Tabela 2 - Quantidade de garrafas quebradas por período**

Período	PL (un)	Q Maq (un)	503	Meta
Jan	25.778.304	195.860	0,76%	0,30%
Fev	21.810.288	154.519	0,71%	0,30%
Mar	20.938.632	81.937	0,39%	0,30%
Abr	21.174.912	165.625	0,78%	0,30%

Para deixar mais claro os causadores do problema, foi realizada a estratificação dos pontos críticos relacionados à quebra maquinário utilizando o Gráfico de Pareto. Essa estratificação, foi baseada no peso dos cacos que os operadores retiravam de cada equipamento todo final de turno, dessa forma, foi possível encontrar quais eram os equipamentos que estavam gerando uma maior quantidade de quebras.

O gráfico 3 apresenta a estratificação dos pontos críticos da linha realizada pelo Pareto.

**Gráfico 3 - Gráfico de Pareto das máquinas com maior número de quebra**



Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

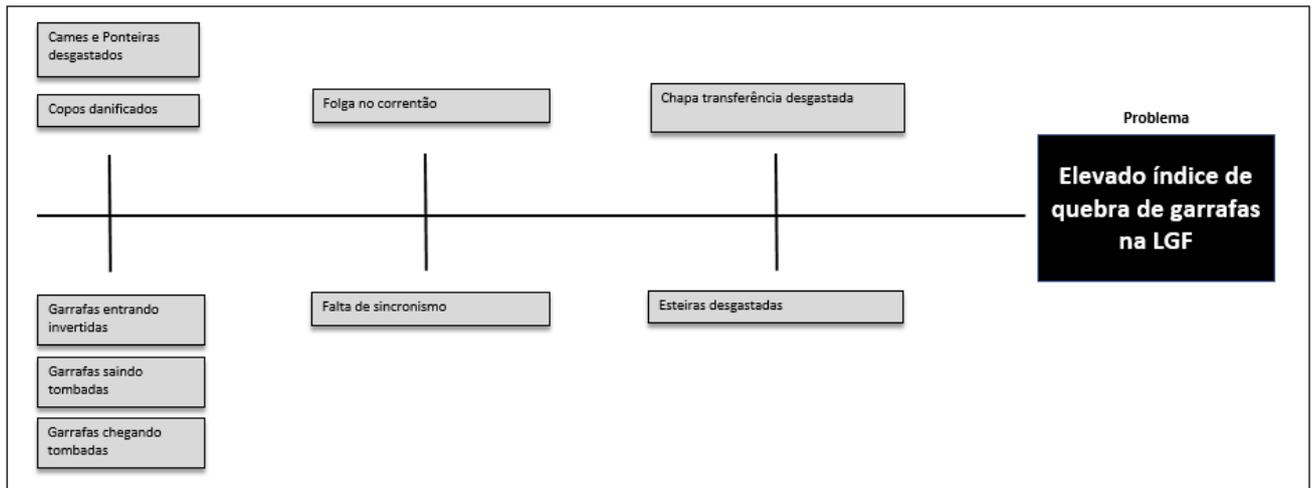
Conforme exposto, o gráfico mostra as unidades de garrafa que quebraram no seu trecho, por meio da multiplicação do peso encontrado no trecho vezes o valor do peso de uma garrafa (240 gramas). A análise dos dados, no gráfico 3, revelam que cerca de 80% das ocorrências de quebra foram na lavadora de garrafas e no inspetor, sendo mais crítico na lavadora e depois no inspetor. Com a estratificação realizada, agora é possível atuar nestes pontos focos.

#### **4.1.2 Passo 2: Identificação das causas**

Após a identificação dos pontos críticos, procedeu-se à análise das causas que estavam gerando as significativas falhas nestes pontos. Para isso, foi utilizado o Diagrama de Ishikawa (causa e efeito). É apresentado os referidos diagramas para ambas as máquinas (Lavadora e Inspetor) nas figuras 16 e 17. Essa análise envolveu um grande número de pessoas com conhecimento técnico dos equipamentos, e foi aplicada a técnica de Brainstorming durante uma reunião específica para discutir o assunto. Estiveram presentes na reunião especialistas nos equipamentos com maior incidência de falhas, supervisores das linhas, coordenadores, gerentes das áreas de envase e manutenção, bem como mecânicos especializados nas máquinas com pior desempenho.

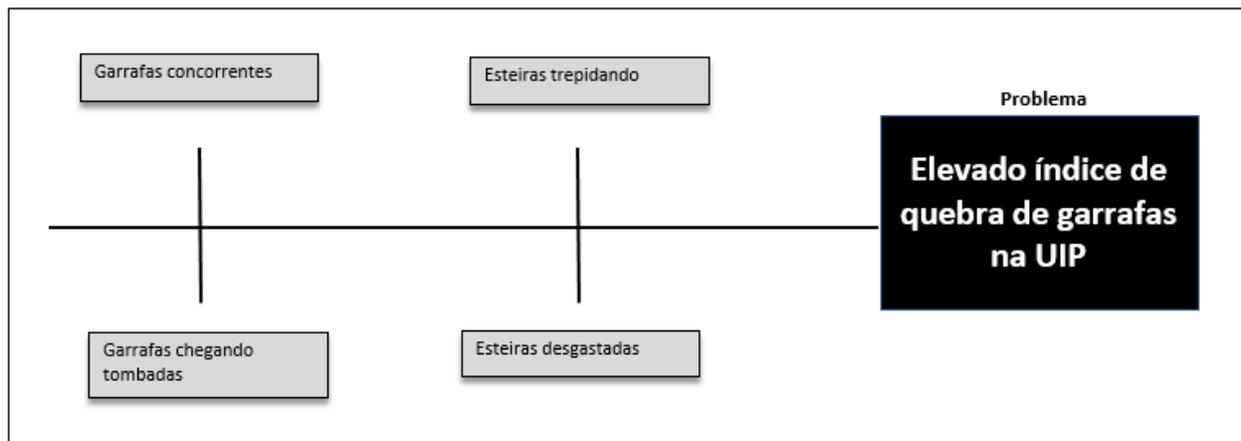
Para cada ferramenta utilizada, juntamente com os operadores, foi realizado um curto treinamento no intuito de que todos entendessem como era o funcionamento da ferramenta em questão, dessa forma, haveria a garantia que o processo seria realizado de forma eficiente e sem erros.

**Figura 16 - Diagrama de Ishikawa da quebra maquinário na lavadora**



Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

**Figura 17 - Diagrama de Ishikawa da quebra maquinário no inspetor**



Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

Ao elaborar o Diagrama de Ishikawa, foram identificadas nove possíveis causas na lavadora e quatro no inspetor, para o alto índice de falhas nestes equipamentos.

### 4.1.3 Passo 3: Priorização das causas

O Brainstorming possibilitou a identificação de diversas potenciais causas das quebras nos equipamentos detectados, conforme exposto nas figuras 16 e 17. No entanto, muitas dessas causas apresentavam um baixo impacto no resultado. Em vista disso, foi realizada uma análise crítica delas para direcionar os esforços na causa correta e, assim, alcançar o resultado esperado dentro do prazo estabelecido.

Para isso, foi elaborada uma matriz GUT com base nas causas coletadas no diagrama de Ishikawa, e priorizado as causas principais com maior impacto no índice. As figuras 18 e 19 apresentam a matriz de criticidade desenvolvida para as causas das duas máquinas.

**Figura 18** - Matriz de criticidade das causas do problema da lavadora

Matriz GUT - Lavadora de Garrafas					
	Causas	Grav	Urg	Tend	Total
1	Copos danificados	5	4	5	100
2	Cames e Ponteiras desgastados	5	4	4	80
3	Garrafas entrando invertidas	4	3	3	36
4	Garrafas saindo tombadas	4	3	3	36
5	Garrafas chegando tombadas	4	3	3	36
6	Esteiras desgastadas	4	3	3	36
7	Chapa transferência desgastada	3	2	3	18
8	Falta de sincronismo	4	2	2	16
9	Folga no correntão	4	2	2	16

Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

**Figura 19** - Matriz de criticidade das causas do problema do inspetor

Matriz GUT - Inspetor de Garrafas					
	Causas	Grav	Urg	Tend	Total
1	Esteiras trepidando	4	4	4	64
2	Esteiras desgastadas	4	4	4	64
3	Garrafas chegando tombadas	4	3	3	36
4	Garrafas concorrentes	4	3	2	24

Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

Conforme exposto nas figuras 18 e 19, as duas primeiras causas de cada tabela são as de maior impacto em cada equipamento, agora é necessário o entendimento da causa raiz delas.

#### 4.1.4 Análise das causas

Após a priorização das principais causas do problema, foi realizada a análise detalhada delas para identificar a causa-raiz. Para esse fim, utilizou-se a técnica dos "5 Porquês". As figuras 20, 21, 22 e 23 ilustram em detalhe a aplicação da técnica dos "5 Porquês" nas causas priorizadas na Matriz GUT.

**Figura 20 - "5 porquês" da lavadora de garrafas com foco na causa 1**

<b>5 Porquês - Lavadora de Garrafas</b>		
<b>Causa 1 - Copos Danificados</b>		
<b>1º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê os copos danificados estão quebrando as garrafas?
	<b>Resposta:</b>	Os copos estão sem fundo gerando a quebra delas no último tanque.
<b>2º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê o copo está sem fundo?
	<b>Resposta:</b>	Extrapolou o período de vida útil dele, não havendo a troca do mesmo.
<b>3º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê não houve a troca do copo?
	<b>Resposta:</b>	Não houve a troca dos copos por não haver um plano de troca com uma periodicidade e quantidade definidas, além de um controle de trocas.

Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

**Figura 21** - “5 porquês” da lavadora de garrafas com foco na causa 2

<b>5 Porquês - Lavadora de Garrafas</b>		
<b>Causa 2 - Cames e Ponteiras desgastados</b>		
<b>1º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê os cames e as ponteiras estão quebrando as garrafas?
	<b>Resposta:</b>	Porque eles estão desgastados gerando uma superfície desregular ocorrendo a quebra do vidro.
<b>2º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê estão desgastados?
	<b>Resposta 1:</b>	Cacos de vidro saindo da lgf estavam ocasionando o desgaste mais rápido das ponteiras.
	<b>Resposta 2:</b>	Contato indevido da ponteira com o perfil da bandeirola.
<b>3º Por que</b>	<b>Pergunta 1:</b>	Por quê há cacos de vidro saindo da lavadora?
	<b>Resposta:</b>	Copos danificados -> "5 Porquês" realizado na causa 1.
	<b>Pergunta 2:</b>	Por quê as ponteiras estão encostando no perfil da bandeirola?
	<b>Resposta:</b>	O eixo estava trincado, gerando uma ligeira queda do perfil da bandeirola.
<b>4º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê o eixo estava trincado?
	<b>Resposta:</b>	Desgaste do mancal-celeron gerou o trincamento do eixo
<b>5º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê o mancal-celeron estava desgastado?
	<b>Resposta:</b>	Desgaste natural, por ser um mancal novo a ordem de troca estava para o período definido para o mancal anterior/antigo previsto para outubro de 2022.

Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

**Figura 22 - “5 porquês” do inspetor de garrafas com foco na causa 1**

<b>5 Porquês - Inspetor de Garrafas</b>		
<b>Causa 1 - Esteiras trepidando</b>		
<b>1º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê as esteiras estão trepidando gerando a quebra de garrafas?
	<b>Resposta:</b>	Porque a esteira estava sem magnetismo e as rodas antigas não estavam acasalando os dentes com a esteira, gerando a trepidação.
<b>2º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê as esteiras estão sem magnetismo e com desencaixe?
	<b>Resposta:</b>	Porque não foi tratado o backlog anteriormente, a linha não possuía as esteiras e rodas para realizar a troca.
<b>3º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê não possuía eles para troca?
	<b>Resposta:</b>	Por opção do coordenador da linha, está sendo priorizado no trimestre o gasto com outro trecho de transporte.

Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

**Figura 23 - “5 porquês” do inspetor de garrafas com foco na causa 2**

<b>5 Porquês - Inspetor de Garrafas</b>		
<b>Causa 2 - Esteiras desgastadas</b>		
<b>1º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê as esteiras estão desgastadas?
	<b>Resposta:</b>	Porque há folgas entre os elos.
<b>2º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê há folgas entre os elos?
	<b>Resposta:</b>	Os pinos estão desgastados gerando as folgas.
<b>3º Por que</b>	<b>Pergunta:</b>	Por quê os pinos estão desgastados?
	<b>Resposta:</b>	Desgaste Natural, porém não há um plano de troca para os pinos.

Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

Com os 5 Porquês realizados para as duas maiores causas de cada equipamento, ficou mais fácil o entendimento de qual era a causa-raiz dos problemas, possibilitando uma ação mais rápida para a solução dos mesmos.

Quanto a primeira causa na lavadora, foi concluído que a causa-raiz do problema de copos danificados se deu pelo fato da operação não ter um procedimento para a troca

dos copos. Antes a linha rodava com garrafas de 1 litro, então quando houve a adaptação da lavadora para as novas garrafas e a troca dos copos, a gerência não criou um novo plano de troca para a nova estrutura, logo os operadores não estavam realizando a quantidade de troca ideal dos copos. A respeito do segundo problema, a causa-raiz foi o desgaste natural do Mancal-celeron, o problema neste caso é que não foi realizada a troca preventiva antes de ocorrer o desgaste total. Como era um novo mancal de um fornecedor diferente, o plano de troca estava com a data definida para outubro de 2022. Dessa forma, a troca não foi realizada quando necessário e o problema só foi visto quando gerou a queda do perfil da bandeira.

A respeito do inspetor, a causa-raiz do primeiro problema foi a não priorização da troca da esteira por parte do coordenador e a causa do segundo problema foi o desgaste natural dos pinos, fazendo necessário a troca da esteira.

#### 4.1.5 Passo 4: Criação plano de ações

Após as análises das causas-raiz, foi de extrema importância, a criação de planos de ações para eles, para isso foi utilizado a técnica 5W2H, porém de forma adaptada para maior aderência ao projeto. As ações criadas estão apresentadas na tabela 3.

**Tabela 3 - Plano de ação da linha 503**

PLANO DE AÇÃO - QUEBRA 503						
Reunião: QUEBRA 503						Conclusão: 100%
Participantes: Alessandro, Fábio, Marcelo, Isabela, Jeferson, Elisangelo						Data: 27/06/2022
#	Ação	Tipo	Responsável	Data	Follow up	Status
1	LGF - Lavadora de Garrafas					
1.1	Definir quantidade de copos e periodicidade de troca	Corretiva	Marcelo	02/05/2022	-Definido 400 copos mensais -Troca diária (13-15 copos por dia)	OK
1.2	Criar do procedimento (Troca mandatória dos copos)	Preventiva	Isabela/Alessandro	16/05/2022	Realizado e fotos incluídas	OK
1.3	Trocar Mancal-celeron	Corretiva	Elisangelo	13/05/2022	Programado troca PCM até quinzena	OK
1.4	Criar novo procedimento padrão p/ Mancal	Preventiva	Isabela/Jeferson	20/05/2022	Aguardando disponibilidade técnico	OK
1.5	Trocar ponteiras próx. PCM	Corretiva	Elisangelo	13/05/2022	Programado troca PCM até quinzena	OK
1.6	Reunir com Time de Materiais para criação de novas ponteiras	Preventiva	Isabela	20/05/2022	Segunda reunião será em junho	OK
2	UIP - Inspetor					
2.1	Solicitar recurso financeiro - dep manutenção	Corretiva	Fábio	06/05/2022	Disponibilizaram Capex adiantado do 2º sem	OK
2.2	Solicitar esteiras novas	Corretiva	Jeferson	13/05/2022	Pedido realizado	OK
2.3	Socilitar rodas	Corretiva	Jeferson	13/05/2022	Pedido realizado	OK
2.4	Realizar troca das esteiras 314	Corretiva	Elisangelo	30/05/2022	Programado troca PCM última semana	OK
2.5	Realizar troca das rodas	Corretiva	Elisangelo	30/05/2022	Programado troca PCM última semana	OK
2.6	Trocar esteiras - pino	Corretiva	Elisangelo	20/06/2022	Esteira chegaram 15/06, troca realizada	OK
2.7	Criar plano de troca p/ os pinos	Preventiva	Isabela/Elisangelo	27/06/2022	Criado	OK

Com o plano de ação finalizado, ficou claro o que seria feito, onde deveria ser atuado, o responsável pela ação e os prazos para realização dos mesmos. As ações foram divididas entre corretivas e preventivas e seu acompanhamento deveria ser realizado nas reuniões de produtividade, no qual, participaram o coordenador da linha, o supervisor, o estagiário do Packaging, o planejador das ordens de manutenção da linha, os operadores dos equipamentos críticos da linha.

## **4.2 Implementação do plano**

O próximo passo do ciclo PDCA foi a implementação das ações. Nessa etapa, os responsáveis pelas ações fossem devidamente treinados e capacitados, que os prazos definidos fossem respeitados, que as tarefas e seus objetivos fossem comunicados de forma clara, que os resultados obtidos fossem documentados e que a execução das ações fosse verificada por meio de reuniões ou em observações diretas.

Quanto à Lavadora de Garrafas da linha 503, procedeu-se com a substituição dos copos (células plásticas) que estavam danificados. Como foi apresentado no “5 porquês”, os operadores não tinham um plano de troca com uma periodicidade e quantidades definidas, além do controle dessa troca, com isso, muitos copos ficaram danificados e não estavam sendo trocados gerando a quebra do pescoço da garrafa. Portanto, foi definido pelo gerente da área a troca de 400 copos mensais, totalizando uma troca diária em torno de 13 a 15 copos por dia, essa troca começou a ser realizada no dia seguinte da data determinada. Desses 15 copos diários, 5 eram trocados em cada turno, caso o operador observasse a necessidade de trocar algum copo a mais, ele poderia neste primeiro momento, pois a quantidade de copos que precisavam de troca urgente era alta.

Todo final de turno na reunião de troca, era anotado no quadro de gestão à vista a quantidade de copos que foram trocados no turno anterior e era passado ao próximo turno a situação na qual a linha se encontrava. Essa ação melhorou o processo no geral, pois estavam garantindo que o processo fosse realizado conforme o que foi planejado. Posteriormente, foi criado o procedimento padrão como forma de garantir que não houvesse esse problema novamente, tudo foi documentado da forma mais detalhada possível pelo operador mais experiente da Lavadora.

Ademais, na lavadora, houve o problema do desgaste das ponteiros que recebiam as garrafas na saída da máquina. A ponteira é responsável por receber a garrafa que cai da lavadora e insere ela na esteira, portanto quando a ponteira está desgastada, a superfície desregular estava gerando uma quebra na garrafa no impacto de seu recebimento. Como foi exposto, o desgaste da ponteira foi gerado por cacos de vidro que saíam da lavadora gerando atrito com sua ponta, e assim, desregulando sua superfície, para este problema a solução foi a troca dos copos, conforme explicado acima.

A outra razão, para o desgaste das ponteiros, foi o seu atrito com o perfil da bandeirola. Foi compreendido que a causa do perfil estar mais abaixo tendo contato com as pontas, foi porque o mancal-celeron que fixava ele estava trincado, gerando essa folga. Com isso, foi planejado que houvesse a troca do mancal como ação corretiva, dessa forma, o perfil ficou fixado novamente na sua posição correta. O problema neste caso foi que não houve a troca do mancal no período completo, porque o mancal que estava sendo utilizado era um novo, e o plano de troca que tinham era referente ao mancal anterior de outro fornecedor (troca prevista para outubro de 2022). Portanto foi criado um novo plano de troca com o período de troca atualizado para este novo mancal, para não haver novamente este problema. Além disso, foi realizada a troca das ponteiros desgastadas, para corrigir sua superfície, parando a quebra. Uma ação que foi iniciada neste momento foi uma reunião com o time de materiais para que fosse discutido uma possível criação de uma proteção para as ponteiros com a impressora 3D deles, porém, testes foram iniciados, mas o resultado final não foi realizado no período deste projeto de pesquisa.

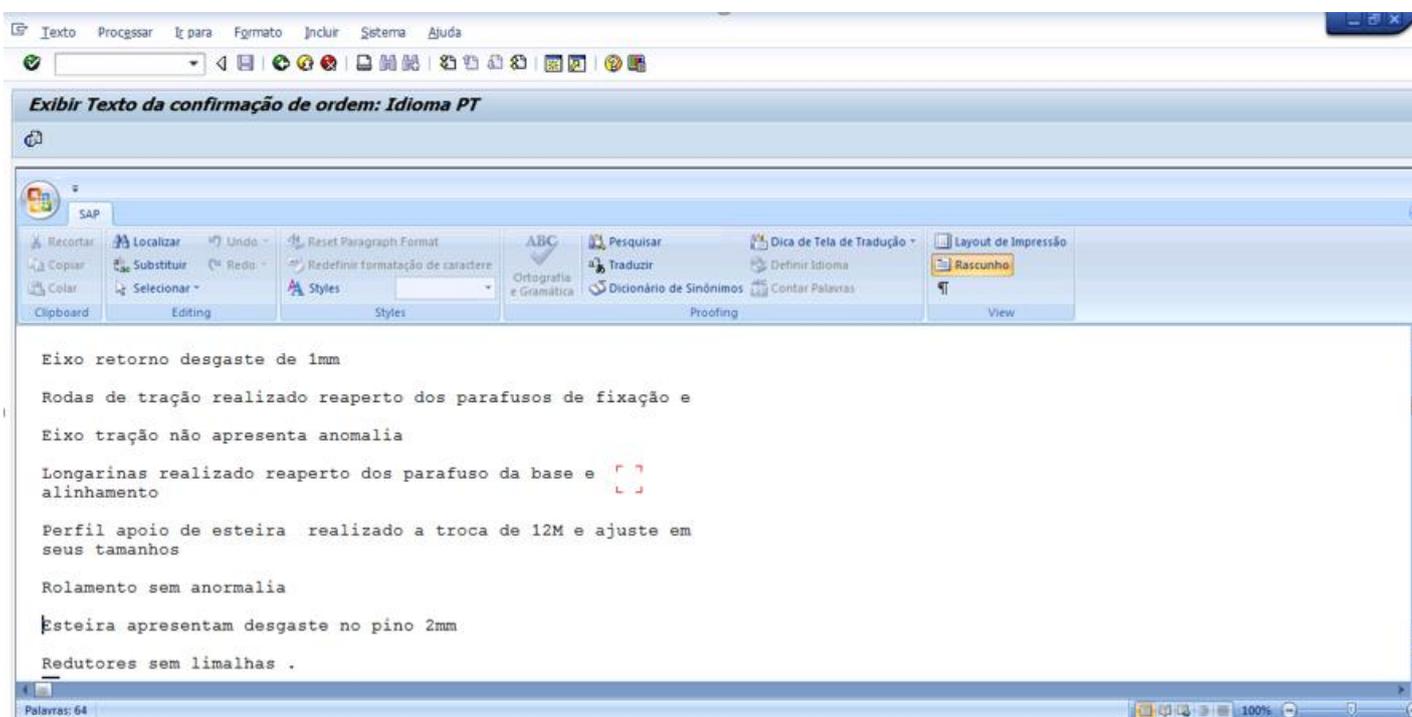
Com relação ao Inspetor de Garrafas, foi realizada uma inspeção em janeiro de 2022, no qual foi visto que na esteira da curva 314 estava com falta de magnetismo. As rodas antigas não estavam acasalando seus dentes com a esteira, gerando uma trepidação que estava causando o tombamento e a quebra de garrafas. Porém, não foi tratado o backlog anteriormente por opção do coordenador da linha, por não possuir as esteiras e rodas para realização da troca.

Para contexto, no início de cada ano é realizada uma reunião com o departamento de manutenção para a alocação do Capex (Capital Expenditure - despesas com a aquisição de ativos). O coordenador, mesmo sabendo do problema em questão tomou a decisão de priorizar a manutenção de outros problemas, pois tinham um impacto em diferentes indicadores. Portanto, para este problema que impactava a quebra de garrafas, foi realizada novamente uma reunião com o departamento de manutenção para solicitação de

recursos financeiros, para que fosse possível a troca dessa esteira. Por fim, o departamento de manutenção fez a aprovação do pedido e a compra foi realizada, a troca da esteira foi feita no PCM (Planejamento e Controle de Manutenção - estratégia de gestão que visa organizar e controlar as atividades de manutenção de uma empresa) seguinte da data de chegada da esteira.

Ademais, na mesma inspeção de janeiro, foi observado que na esteira do trecho LGF-UIP havia um desgaste maior que 02mm em seus pinos, conforme a figura 24. Isso estava gerando desgaste na esteira. Os técnicos responsáveis por este trecho, informaram que já haviam feito o pedido de reposição da esteira em questão, porém elas estavam previstas para chegar em junho do mesmo ano. Como não é possível trocar apenas os pinos, tem que ser realizada a troca da esteira inteira. Enquanto estavam esperando a chegada da esteira foi realizado o reaperto nos parafusos de fixação e nos parafusos da base, juntamente com o alinhamento das longarinas.

**Figura 24 - Confirmação da ordem de serviço realizado na esteira**

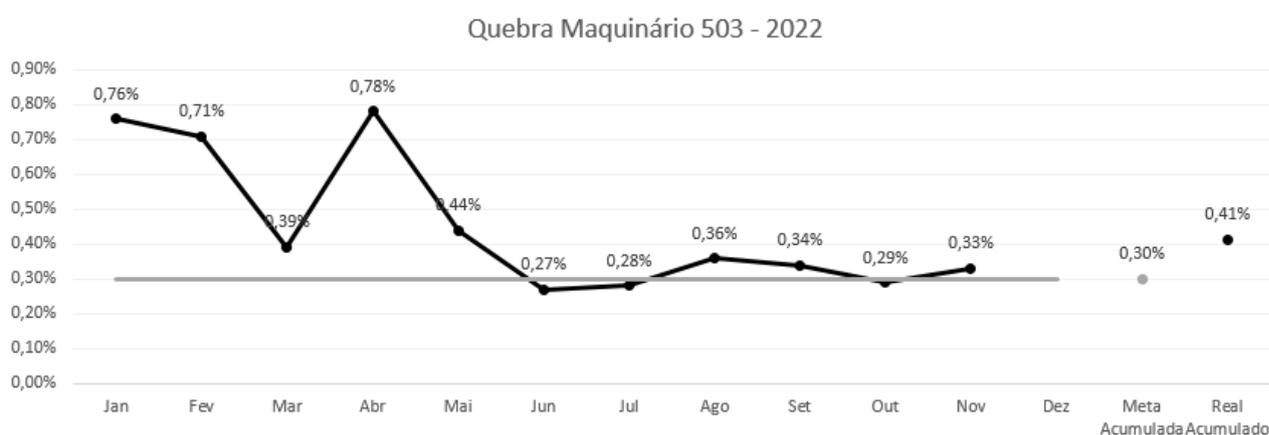


Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

### 4.3 Acompanhamento dos Resultados

Durante e após a fase de execução, foi necessário monitorar continuamente os resultados para assegurar que as ações estavam sendo direcionadas corretamente. Diariamente, o indicador de quebra maquinário era discutido durante o encerramento da linha, momento em que as equipes de Logística e Envase analisavam os números relativos ao envio de garrafas para a linha de produção e os resultados obtidos, realizando juntos o fechamento do dia. Além disso, na parte da manhã, na reunião de produtividade, também era discutido com os operadores o fechamento do dia anterior da quebra e os pontos que deveriam ser focados. Semanalmente, ocorria uma reunião de acompanhamento e aprimoramento da rotina, cujo objetivo era verificar se os resultados estavam alinhados e se as ações estavam sendo executadas dentro dos prazos estabelecidos. Durante essa reunião, também era feito o planejamento de novas ações, se necessário. A presença de todos os supervisores de linha de envase, do gerente da área de envase, das equipes de manutenção e logística, bem como dos mecânicos e operadores especialistas dos equipamentos mais problemáticos, era obrigatória.

**Gráfico 4 - Acumulado da quebra maquinário até novembro de 2022**



Fonte: Base de avaliação disponibilizada pela companhia Alfa (2024)

O gráfico 4 mostra que, após a implementação das ações, a incidência de quebras maquinário nas duas linhas foi reduzida de maneira significativa de 0,78% para 0,44%

em maio. Posteriormente, ficou em 0,27% em junho, quando todas as ações foram completadas. Isso sugere que os pontos de intervenção foram identificados corretamente, que a causa-raiz dos problemas foi bem determinada, que as ações foram realizadas conforme o planejamento e que os prazos foram respeitados. Ao longo dos próximos meses a quebra se manteve constante, porém havendo o aumento da quebra em certos meses, sendo extremamente normal em uma linha produtiva, pois todo mês novos problemas vão surgindo. O importante é o conhecimento rápido da razão do problema e sua resolução.

Em novembro, último mês de acompanhamento dos dados, o indicador de quebra maquinário já estava com sua meta acumulada atingida. Evidenciando que as ações realizadas foram adequadas para alcançar o resultado desejado, além do trabalho realizado ao longo do ano pela linha. Se fez necessário, a atuação nas quatro causas principais expostas ao longo deste tópico, pois depois do mês de junho o índice da quebra se manteve relativamente constante.

A meta desafio de 0,30% não foi alcançada, porém a meta real (0,46%) foi batida, entregando ao time o bom resultado feito por todos para resolução dos problemas que estavam acontecendo.

#### **4.4 Padronização**

Na etapa final, foi realizada uma análise crítica das ações executadas nas fases anteriores do ciclo PDCA. O resultado favorável indicou a necessidade de padronizar a troca mandatória dos copos (células plásticas) registrando uma troca de 13 a 15 copos por dia, totalizando em média 400 copos mensais. Além da documentação do plano de troca do Mancal-celeron advindo de um novo fornecedor, deixando claro o período de troca dele. Por fim, também foi criado um plano de troca para os pinos das esteiras, já que anteriormente apenas existia sua inspeção anual. Toda a documentação foi realizada pelo operador mais experiente da lavadora e do inspetor, com a aprovação do gerente da área.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal aplicar o ciclo PDCA em uma linha de envase, com foco na redução da quebra de garrafas. Ao longo do trabalho, foram abordadas as diversas etapas do processo, desde a identificação dos problemas até a implementação de soluções práticas e eficazes.

Através de uma análise detalhada das causas das quebras, foi possível priorizar as ações corretivas que teriam maior impacto na melhoria do processo. A utilização de ferramentas da qualidade permitiu uma abordagem sistemática na identificação e priorização das causas, direcionando os esforços para as áreas que realmente necessitavam de intervenção.

Como resultado da utilização do método PDCA, houve uma redução na quebra das garrafas em 0,34%, uma diminuição de mais de 71 mil garrafas comparando abril com junho. Os resultados obtidos demonstraram uma significativa redução nas quebras, evidenciando a eficácia do método na melhoria de processos industriais. Além disso, a implementação de um novo plano de troca e a troca de componentes desgastados contribuíram para a melhoria contínua do sistema, minimizando as falhas e aumentando a eficiência operacional.

Por fim, este projeto não apenas reforçou a importância da metodologia PDCA na gestão de processos, mas também destacou a necessidade de um trabalho colaborativo entre as equipes envolvidas. A continuidade das ações propostas e a busca por inovações, como a utilização de impressoras 3D para a criação de proteções, são passos fundamentais para garantir a sustentabilidade e a competitividade da indústria de bebidas no mercado.

Para futuros estudos e análises voltadas à identificação de pontos de melhoria, uma análise de simulação da linha de envase, com foco específico no impacto do inspetor e da lavadora, pode fornecer insights valiosos para este objetivo. Ao simular diferentes cenários operacionais, é possível observar como a interação entre esses dois componentes afeta a eficiência da linha, especialmente em áreas onde não há buffer, o que pode resultar em gargalos e quebras de garrafas. Essa abordagem permite que os pesquisadores e gestores identifiquem oportunidades para adaptar a linha de produção, como a implementação de ajustes no fluxo de trabalho, a reconfiguração de estações de trabalho ou a introdução de tecnologias que aumentem a capacidade de inspeção e a eficiência da lavadora. Além disso, a simulação pode ajudar a prever o impacto de mudanças antes de

sua implementação, minimizando riscos e otimizando recursos, o que é essencial para a melhoria contínua e a sustentabilidade operacional das indústrias.

Com tudo, conclui-se que, a aplicação do PDCA, juntamente com uma cultura de melhoria contínua, é favorável para o enfrentamento de desafios nas indústrias e na melhoria de resultados a longo prazo. O passo a passo da metodologia que foi apresentada e desenvolvida ao longo do trabalho e que permitiu todos os resultados obtidos, foi o seguinte:

**Tabela 4** – Passo a passo da metodologia utilizada na pesquisa

<b>PDCA</b>	<b>Passo</b>	<b>Etapa</b>	<b>Ferramenta</b>
<b>P</b>	1º	Coleta de dados	-
	2º	Identificação dos pontos críticos do problema	Gráfico de Pareto
	3º	Reunião com equipe para discussão de ideias	Brainstorming
	4º	Identificação das possíveis causas do problema	Diagrama de Ishikawa
	5º	Priorização das possíveis causas conforme seu grau de impacto	Matriz GUT
	6º	Análise da causa-raiz (causas de maior impacto)	5 Porquês
	7º	Criação do plano de ação (foco na causa-raiz)	5W2H
<b>D</b>	8º	Treinamentos	-
	9º	Implementação do plano de ação	-
<b>C</b>	10º	Acompanhamento dos resultados (diário, semanal e mensal)	-
<b>A</b>	11º	Padronização e documentação	-

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrantes, J. **Gestão Da Qualidade**. Rio De Janeiro: Interciência, 2009.
- Adiru, A. B.; Ayeni, B. J. **Practitioner's Guide To Quality And Process Improvement**. London: Chapman & Hall, 1993. 353p.
- Brocka, Bruce. **Gerenciamento Da Qualidade**. São Paulo: Makron Books, 1994.
- Cabral, J. A.; Rangel, R. R.; Junio, N. P. A. **Educação Corporativa Como Geradora De Vantagem Competitiva Para As Organizações, Em Ambiente De Rápidas Mudanças**. Brazilian Journal Of Development, Curitiba, V.7, N.4, P.39303-39316, Abr. 2021.
- Campos, V. F. **Gerenciamento Pelas Diretrizes**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.
- Campos, V. F. **Tqc - Controle De Qualidade Total (No Estilo Japonês)**. 8. Ed. Nova Lima – Mg: Indg, 2004.
- Campos, V. F. **Tqc – Controle Da Qualidade Total**. Nova Lima – Mg: Indg Tecnologia E Serviços Ltda, 2004.
- Campos, V. F. **Tqc: Controle Da Qualidade Total (No Estilo Japonês)**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- Carmo, W. J. **Indústria E Varejo Estratégias De Competitividade**. 1. Ed. Curitiba: Appris, 2020.
- Carpinetti, L. C. R. **Gestão Da Qualidade: Conceitos E Técnicas**. 2 Ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- Castello, Ricardo Vilar Et Al. **Lean Healthcare: Um Caminho Para Melhorias De Gestão E Serviço De Saúde**. Editora Luzes 2022.
- Castro, N. D.; Galelli, A. **Melhoria Contínua Aplicando A Ferramenta Pdca Com Base Na Filosofia Kaizen Num Setor De Pintura**. Xxxvi Encontro Nacional De Engenharia De Produção, 2016.
- Coelho, F. P. De S., Silva, A. M., Da., & Maniçoba, R. F. (2016). **Aplicação Das Ferramentas Da Qualidade: Estudo De Caso Em Pequena Empresa De Pintura**. Refas-Revista Fatec Zona Sul, 3(1), 31-45. Recuperado De <Http://Www.Revistarefas.Com.Br/Index.Php/Revfateczs/Article/View/70>
- Delgo. **Processo De Envase: Tudo Que Você Precisa Saber**. Delgo. Disponível Em: <Https://Www.Delgo.Com.Br/Noticias/Processo-De-Envase.Html>. Acesso Em: 09 Set. 2024.
- Faria, Gustavo Náزارo Lopes; Longhini, Tatielle Menolli. **Ciclo Pdca, Com Auxílio Do Power Bi, Aplicado À Gestão Da Manutenção De Equipamentos Laboratoriais De Indústria De Celulose**. Produto & Produção, V. 22, N. 2, 2021
- Kume, H. **Métodos Estatísticos Para Melhoria Da Qualidade**. São Paulo: Editora Gente, 1993.

Longo, M. T.; Moraes, K. K.; Barbosa, P. P.; Santos, V. C.; Rodrigues, G. J. **Aplicação Do Ciclo Pdca E De Ferramentas Da Qualidade Em Uma Empresa Produtora E Empacotadora De Alimentos**. Xxxvi Encontro Nacional De Engenharia De Produção (Enegep), 2016

Lopes, Beatriz Cristina; De Paiva Alves, Joseanna. **Ciclo Pdca Aplicado Na Indústria Do Pescado**. Brazilian Journal Of Animal And Environmental Research, V. 3, N. 3, P. 1370-1379, 2020.

Machado, Simone. **Gestão Da Qualidade**. Inhumas/Go: E-Tec Brasil, 2012.

Medeiros, D. D.; Xavier, L. A.; Melo, F. J. C.; Pinto, R. C. **Estudo De Caso No Processo De Embalagem De Uma Indústria Alimentícia: Aplicação Do Ciclo Pdca E De Ferramentas Da Qualidade**. Xxiii Simpósio De Engenharia De Produção (Simpep), 2016.

Melo, C. P.; Caramori, E. J. **Pdca Método De Melhorias Para Empresas De Manufatura – Versão 2.0**. Belo Horizonte: Fundação De Desenvolvimento Gerencial, 2001.

Melo, Dj De; Vilela, G.C.; Salgado, Ms; Andrade, Ih De; Brito, Jn **Otimização Da Linha De Produção Através Da Aplicação De Ferramentas De Qualidade**. In: Xxv Congreso Panamericano De Ingeniería Mecánica, Eléctrica, Industrial Y Ramas Afines – Copimera , Ingeniería Industrial, Tegucigalpa, Honduras, 8-10 Out. 2015.

Neoprospecta. **A Utilização Das Ferramentas Da Qualidade Na Indústria De Alimentos**. 2020. Disponível Em: <https://Blog.Neoprospecta.Com/Ferramentas-Da-Qualidade-Industria/>. Acesso Em: 17 Jul. 2024.

Ohno, T. **O Sistema Toyota De Produção Além Da Produção Em Larga Escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

Oliveira, J. B. **Metodologia De Avaliação De Consórcios Públicos Brasileiros De Resíduos Sólidos Ou Saneamento Com O Uso De Indicadores De Sustentabilidade**. São Carlos, 2016. Trabalho De Conclusão De Curso (Graduação Em Engenharia Civil) – Departamento De Engenharia Civil, Universidade Federal De São Carlos, 2016.

Paladini, E. P.; Carvalho, M. M.; Bouer, G.; Ferreira, J. J. A.; Miguel, P. A. C.; Samohyl, R. W.; Rotondaro, R. G. **Gestão Da Qualidade**. 2 Ed. Rio De Janeiro: Elsevier: Abep, 2012.

Rocha, T. S.; Pakes, P. R.; Silva, B. B. **Aplicação De Ferramentas Da Qualidade No Processo De Melhoria Contínua Na Engenharia De Produto Em Uma Empresa De Produtos Hospitalares**. Revista Foco, V. 15, N. 3, P. 01-20, 2022.

Rodrigues, Alyson Da Luz Pereira Et Al. **A Utilização Do Ciclo Pdca Para Melhoria Da Qualidade Na Manutenção De Shuts**. Iberoamerican Journal Of Industrial Engineering, V. 9, N. 18, P. 48-70, 2017.

Sebrae-Sc. **5w2h: O Que É, Para Que Serve E Por Que Usar Na Sua Empresa**. Disponível Em: <https://Www.Sebrae-Sc.Com.Br/Blog/5w2h-O-Que-E-Para-Que-Serve-E-Por-Que-Usar-Na-Sua-Empresa>. Acesso Em: Abr. 2024.

Severino, A. J. **Metodologia Do Trabalho Científico**. 23 Ed. São Paulo: Cortez, 2007.

Silva, Antonio Carlos Ribeiro Da. **Utilização Da Ferramenta Pdca E Seu Potencial De Aplicação No Setor Aeroespacial**. Taubaté: Unitau, 2009.

Silva, C.R.R. & Souza, W.R. De S., Jr. (2022). **Estudo Da Utilização Das Ferramentas Da Qualidade Para Análise De Causa Raiz Da Baixa Performance De Atendimento Em Uma Empresa De Telecomunicações.** Brazilian Journal Of Production Engineering, 8(2), Edição Especial "Ciência Na Prática", 145-162.

Silva, D. C. **Metodologia De Análise E Solução De Problemas: Curso De Especialização Em Qualidade Total E Marketing.** Florianópolis: Fundação Certi, 1995.

Silva, R. O. **Teorias Da Administração.** São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2002.

Silva, S.; Portela, C. Dos S.; Pereira, Rl; Yasojima, Ekk; Brito Júnior, Ar; Cordeiro, Td **Definição E Instanciação De Um Processo Híbrido Scrum E Rup Aderente Ao Ciclo Pdca.** Revista Brasileira De Desenvolvimento, Curitiba, V. 1, Pág. 1606–1626, Janeiro. 2023. Doi: .10.34117 /Bjdv9n1 -111

Simões, L.; Ribeiro, M. C. **O Ciclo Pdca Como Ferramenta Da Qualidade Total.** In: Simpósio De Educação Unisalesiano, 1., 2007, Lins. Anais... Lins: Unisalesiano, 2007. P. 1-8.

Sokovic, M.; Pavletic, D.; Pipan, K. K. **Quality Improvement Methodologies – Pdca Cycle, Radar Matrix, Dmaic And Dfss.** Journal Of Achievements In Materials And Manufacturing Engineering (Amme). Vol. 43, Nov. 2010.

Sousa, R. **Aplicação Do Ciclo Pdca Para Redução De Custos E Perdas Em Uma Distribuidora De Hortifrutti: Um Estudo De Caso.** Ufpe. Journal Of Perspectives In Management –Jpm, 4, 68-83. 2020

Souza, R.; Mekbekian, G. **Metodologia De Gestão Da Qualidade Em Empresas Construtoras.** In: Entac93 – Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído. São Paulo, 1993. Avanços Em Tecnologia E Gestão Da Produção De Edificações. São Paulo: Epusp, 1993. P. 127-131.

Stringer, E. T. **Action Research: A Handbook For Practitioners.** Thousand Oaks: Sage, 1996.

Tayaksi, C., Sagnak, M., & Kazancoglu, Y. (2020). **A New Holistic Conceptual Framework For Leanness Assessment.** International Journal Of Mathematical, Engineering And Management Sciences, 5(4), 567-590.

Tengan, C. **Abordagem Teórica E Aplicação De Um Método De Qualidade Em Serviços Público Odontológico.** 2008. 71 F. Tese (Doutorado Em Odontologia) - Faculdade De Odontologia De Piracicaba, Universidade Estadual De Campinas, Piracicaba, 2008.

Thiollent, M. **Pesquisa-Ação Nas Organizações.** São Paulo: Atlas, 1997.

Viana, F. L. **Indústria De Bebidas Alcoólicas.** Caderno Setorial Etene, V. 1, N. 273, 2023.