



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
CURSO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

RAYANNE ROCHA MATIAS

Aplicação do Ciclo PDCA e análise em Python para redução de indicador de quebra  
de garrafas em linha de envase de cerveja

Recife

2024

RAYANNE ROCHA MATIAS

Aplicação do Ciclo PDCA e análise em Python para redução de indicador de quebra de garrafas em linha de envase de cerveja.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Orientador (a): Andrelina Maria Pinheiro Santos

Recife

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Matias, Rayanne Rocha.

Aplicação do Ciclo PDCA e análise em Python para redução de indicador de quebra de garrafas em linha de envase de cerveja. / Rayanne Rocha Matias. - Recife, 2024.

49p. : il., tab.

Orientador(a): Andreлина Maria Pinheiro Santos

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Engenharia de Alimentos - Bacharelado, 2024.

Inclui referências, apêndices.

1. Cervejaria. 2. Linha de envase. 3. PDCA. 4. Python. 5. Quebra de Garrafas. I. Santos, Andreлина Maria Pinheiro. (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

RAYANNE ROCHA MATIAS

Aplicação do Ciclo PDCA e análise em Python para redução de indicador de quebra de garrafas em linha de envase de cerveja.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovado em: 21/10/2024

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Profa. Dra. Andrelina Maria Pinheiro Santos (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dra. Daniella Carla Napoleão (Examinador Interno)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof. Dr. Felipe Pedro da Costa Gomes (Examinador Externo)  
Universidade Federal de Pernambuco

Dedico este trabalho de conclusão de curso aos meus pais, que desde o início acreditaram em mim e me apoiaram até a reta final, mesmo diante de todas as adversidades.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por diante de todas as minhas falhas, se faz presente em minha jornada, não me deixando desistir dos meus objetivos.

Aos meus pais, Maria José e Neilton, pois sem o apoio e incentivo deles, essa fase nem chegaria a acontecer. Sou muito grata pelas suas vidas.

Aos amigos que fiz durante toda a minha jornada acadêmica (não vou citar nomes pois, não quero esquecer de nenhum), que tornaram o processo mais leve e prazeroso.

À minha psicóloga Quezia, que durante os últimos 2 anos foi essencial para o meu processo de autoconhecimento e também foi uma das pessoas que mais me incentivou para que eu chegasse até aqui.

À minha orientadora Lia, que além de ser uma profissional admirável, é um ser humano extraordinário, que além de orientadora foi apoio emocional.

## RESUMO

A indústria cervejeira brasileira, classificada como a terceira maior globalmente, enfrenta um cenário altamente competitivo, buscando padrões de qualidade internacionais. Com consumidores cada vez mais autônomos na escolha de produtos, os preços são ditados pelo mercado, aumentando a pressão por redução de custos. Diante desse desafio, a metodologia PDCA, em conjunto com a análise de dados, surge como uma estratégia para abordar a redução de custos variáveis. O presente trabalho tem por objetivo propor uma metodologia de implementação do Ciclo PDCA com aplicação de protótipo em Python, especificamente para a diminuição do indicador de quebra de garrafas, que é significativo para desperdício e custos extras nas cervejarias. A metodologia proposta visa reduzir de 30 a 50% a quebra de garrafas com isso, espera-se uma melhoria na eficiência operacional, redução de custos pela reutilização prolongada de garrafas e aprimoramento da segurança no local de trabalho. Além disso, a implementação do ciclo PDCA promoverá a melhoria contínua, estabelecendo um processo de monitoramento e aprimoramento constante. Esses benefícios não apenas proporcionarão resultados imediatos, mas também criarão uma cultura organizacional voltada para a excelência operacional e a sustentabilidade dos ganhos a longo prazo. Ao integrar o PDCA com ferramentas da qualidade e análise de dados, é possível não apenas mitigar perdas relevantes como a quebra de garrafas, mas também estruturar uma base sólida de conhecimento técnico — como a catalogação de falhas e procedimentos — que favorece a replicabilidade de soluções e a tomada de decisão orientada por dados no ambiente industrial.

**Palavras-chave:** Cervejaria; Linha de envase; PDCA; Python; Quebra de Garrafas.

## ABSTRACT

The Brazilian brewery industry, ranked third globally, faces a highly competitive scenario, seeking international quality standards. With consumers increasingly autonomous in choosing products, prices are dictated by the market, increasing the pressure to reduce costs. Faced with this challenge, the PDCA methodology, together with data analysis, emerges as a strategy to address the reduction of variable costs. This paper aims to propose a methodology for implementing the PDCA Cycle with the application of a prototype in Python, specifically to reduce the bottle breakage indicator, which is significant for waste and extra costs in breweries. The proposed methodology aims to reduce bottle breakage by 30 to 50%. This is expected to improve operational efficiency, reduce costs due to prolonged bottle reuse, and improve workplace safety. In addition, the implementation of the PDCA cycle will promote continuous improvement, establishing a process of constant monitoring and improvement. These benefits will not only provide immediate results, but will also create an organizational culture focused on operational excellence and the sustainability of long-term gains. By integrating PDCA with quality tools and data analysis, it is possible not only to mitigate relevant losses such as bottle breakage, but also to structure a solid base of technical knowledge — such as cataloging failures and procedures — that favors the replicability of solutions and data-driven decision-making in the industrial environment.

**Keywords:** Brewery; Bottling line; PDCA; Python; Bottle breaking.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	Fluxograma de uma linha de envase retornável	14
Figura 2	Fatores considerados na eficiência global de equipamentos	16
Figura 3	Representação detalhada das etapas do Ciclo PDCA	21
Figura 4	Gráfico de Pareto	25
Figura 5	Diagrama de Causa e Efeito – 6M's	26
Figura 6	Declaração das bibliotecas	29
Figura 7	Trechos críticos	31
Figura 8	Função para coletar dados do usuário	32
Figura 9	Cálculos	33
Figura 10	Identificação do trecho com maior quebra	33
Figura 11	Função para plotar gráficos	33
Figura 12	Modelo de tabela 5W2H que pode ser aplicada	34
Figura 13	Resultado gráfico do código após simulação com dados fictícios	38

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1	Sub-etapas da etapa de planejamento	22
Quadro 2	Definição das etapas da metodologia 5W2H	27
Tabela 1	Perdas financeiras antes da implementação do projeto	37
Tabela 2	Perdas financeiras depois da implementação do projeto	37
Tabela 3	Cronograma de etapas e atividades do ciclo PDCA	39

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5W2H – O que, quando, onde, quem, por que, como (*What, When, Where, Who, Why, How, How much*).

6M – Material, Máquina, Mão de obra, Medida, Meio Ambiente, Método.

DEV – Devoluções.

DPL – Despaletizadora.

ECH – Enchedora.

GF – Garrafas Faltantes.

PDCA – Planejar, Executar, Checar, Agir (*Plan, Do, Check, Act*).

PAL – Paletizadora.

PL – Produção Líquida.

UIP – Unidade de Inspeção Eletrônica.

ROT – Rotuladora.

QM – Quebra Maquinário.

QP – Quebra Proposital.

TPM – Manutenção produtiva total

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 ESTADO DA ARTE .....</b>	<b>13</b>
2.1 A INDÚSTRIA DE CERVEJA.....	13
2.2 ENVASAMENTO DE CERVEJA .....	14
2.3 OEE (EFICIÊNCIA GERAL DOS EQUIPAMENTOS).....	15
2.4 QUEBRA DE GARRAFAS .....	17
2.5 CONTROLE DA QUALIDADE .....	19
2.5.1 <i>Ciclo PDCA</i> .....	20
2.5.1.1 Planejar .....	21
2.5.1.2 Execução .....	22
2.5.1.3 Controle.....	22
2.5.1.4 Ação.....	23
2.5.2 <i>Técnicas e ferramentas da qualidade</i> .....	23
2.5.2.1 <i>Brainstorming</i> .....	23
2.5.2.2 Diagrama de Pareto .....	24
2.5.2.3 Diagrama de causa e efeito ( <i>Ishikawa</i> ).....	25
2.6 OS 5 PORQUÊS .....	26
2.7 5W2H.....	27
2.8 ANÁLISE DE DADOS E ESTATÍSTICA EM PYTHON .....	28
2.8.1 <i>Bibliotecas de Python para análise de dados</i> .....	28
2.8.2 <i>Processamento e limpeza de dados</i> .....	29
2.8.3 <i>Visualização de dados</i> .....	30
<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>32</b>
3.1 MÉTODO PDCA .....	32
3.1.1 <i>Planejamento</i> .....	33
3.1.2 <i>Execução</i> .....	35
3.1.3 <i>Controle</i> .....	36
3.1.4 <i>Ação</i> .....	36
<b>4 ESTUDO SIMULADO .....</b>	<b>38</b>
4.1 CRONOGRAMA .....	39
4.2 RESULTADOS ESPERADOS .....	40
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>42</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>
<b>APÊNDICE A - ANÁLISE DE QUEBRA DE GARRAFAS EM PROCESSO DE PRODUÇÃO: COLETA, CÁLCULO E VISUALIZAÇÃO DOS DADOS .....</b>	<b>46</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Entre os principais segmentos industriais do Brasil, está a indústria cervejeira. De acordo com o Anuário da Cerveja (MAPA, 2024) foram produzidos mais de 15 bilhões de litros de cerveja em 2023, fazendo com que o Brasil seja o terceiro maior produtor de cerveja no mundo, ficando atrás apenas da China e Estados Unidos da América.

A situação do mercado econômico para o setor e o acirramento da competitividade entre as marcas concorrentes, que sempre buscam alcançar novos consumidores, movimenta as empresas de modo que busquem um nível de qualidade global. Dessa forma, torna-se de extrema importância que as organizações adotem um sistema de gestão para a manutenção dos padrões de qualidade, controlando os processos e gerenciando os gastos.

Por meio do crescimento e aumento da produtividade das indústrias, a variedade de produtos à disposição do consumidor também aumentou. Uma vez que o consumidor passou a ser cada vez mais autônomo na decisão de compra, a flutuação dos preços reduziu, passando a ser fixado pelo mercado. Dessa forma, a redução dos custos de produção através da redução de desperdícios e aumento da produtividade, se tornou uma das principais variáveis para aumentar a lucratividade das empresas.

A partir da necessidade de reduzir custos e gastos supérfluos, as indústrias buscam cada vez mais por ferramentas que auxiliem na tomada de decisões e melhoria contínua de seus produtos e processos. Diante do exposto, este trabalho propõe a implantação da metodologia PDCA com apoio da análise de dados a fim de buscar soluções para redução de um indicador significativo no que diz respeito a custos variáveis dentro de uma cervejaria: a quebra de garrafas.

## 2 ESTADO DA ARTE

### 2.1 A INDÚSTRIA DE CERVEJA

A indústria cervejeira teve sua origem no Brasil como uma pequena produção mercantil nas áreas de colonização europeia das regiões Sul e Sudeste. No século XIX, a introdução da máquina compressora frigorífica possibilitou e facilitou a produção em escala de cerveja de baixa fermentação, resultando no declínio de diversos pequenos estabelecimentos de produção artesanal (Kob, 2000). Conforme Lenin (1982) argumentou, no desenvolvimento do capitalismo, a produção artesanal, que evolui para a manufatura em determinada fase, é absorvida pela produção das grandes empresas modernas. O capitalismo, de maneira orgânica, propicia os processos de concentração e centralização de capital, originando grandes conglomerados industriais e uma economia oligopolizada.

Ao longo do século XX, a indústria cervejeira brasileira expandiu-se em consonância com o processo de industrialização do país. A transição de uma sociedade agrária para uma sociedade urbana-industrial, aliada aos investimentos públicos em infraestrutura produtiva, especialmente nas décadas de 1960 e 1970, impulsionou as empresas Brahma e Antarctica (que dominam o mercado desde a virada do século XIX para o século XX) ao status de grandes empresas a nível mundial. Desde 1980, as empresas líderes no setor passaram por reestruturações, porém investiram timidamente em inovação de produtos. A partir dos anos 2000, após a fusão Brahma/Antarctica em 2004, o capital cervejeiro nacional iniciou um processo de internacionalização, resultando na entrada massiva de cervejas estrangeiras nos mercados locais, comercializadas por empresas multinacionais, com baixo investimento na inovação e aprimoramento da cerveja nacional (Limberger, 2014).

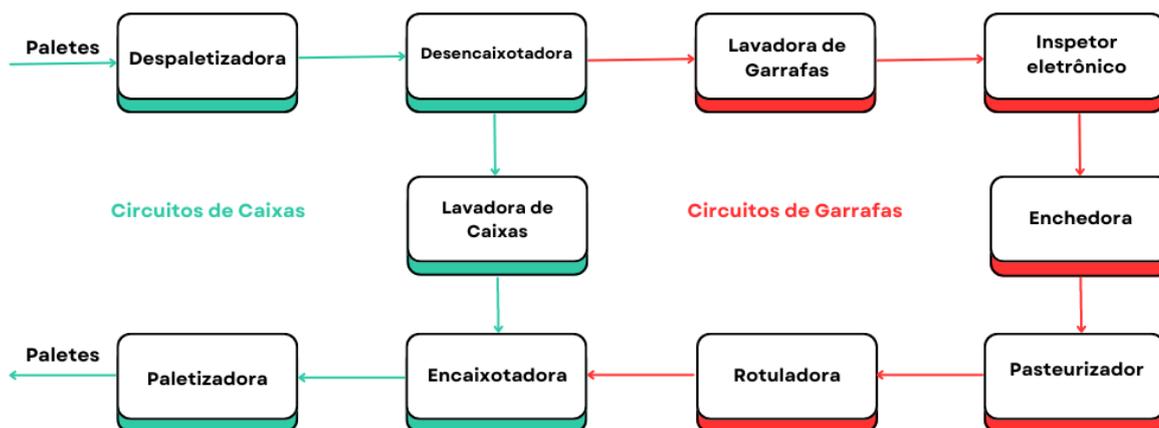
Estudos de inteligência de mercado da agência Mordor Intelligence (2024), prevêem que o mercado de embalagens de cerveja deve registrar um crescimento de 3,6% durante o período de 2021-2026. Além disso, a expectativa é de que as embalagens de vidro detenham a maior participação de mercado, visto as suas vantagens competitivas como a sua capacidade de reutilização, capacidade de isolamento térmico, taxa zero de interações químicas com os produtos e proteção contra raios ultravioleta (UV), o que mantém as características sensoriais da bebida.

## 2.2 ENVASAMENTO DE CERVEJA

Esta seção descreve o que é uma linha de envase, seus princípios de projeto e seus principais componentes, parâmetros e definições. Para isso, foram usados principalmente os estudos de Haines (1995) e Härte (1997) que devem ser consultados para uma descrição mais detalhada dos conceitos apresentados.

Uma linha de enchimento de garrafas retornáveis pode ser descrita como um sistema composto por diversas máquinas interconectadas por transportadores, destinadas a encher e preparar essas garrafas para expedição. Esse tipo de linha é projetado especificamente para tratar garrafas que serão reutilizadas após o uso, envolvendo etapas como limpeza, enchimento e vedação, para garantir que os recipientes estejam prontos para nova utilização. A Figura 1 ilustra o funcionamento de linhas de enchimento para garrafas retornáveis.

Figura 1 – Fluxograma de uma linha de envase retornável



Fonte: adaptado de Haines (1995)

As linhas de envase para garrafas retornáveis são uma das mais complexas no setor de embalagens, envolvendo no mínimo dez máquinas, conforme pode ser observado na Figura 1. O processo começa com um despaletizador, que desmonta paletes compostos por caixas cheias de garrafas vazias e sujas. Essas caixas são transportadas por correias até uma máquina de desacoplamento, que separa as garrafas das caixas. A partir deste ponto, as garrafas e as caixas seguem para máquinas diferentes: a lavadora de garrafas e a lavadora de caixas, respectivamente.

Após a lavagem, as garrafas passam por uma inspeção e, em seguida, são encaminhadas para a máquina de enchimento, que preenche as garrafas com cerveja e as tampa. Depois, as garrafas são pasteurizadas para garantir a durabilidade da cerveja. O próximo passo é a rotulagem das garrafas, que são enviadas para uma máquina encaixotadora, onde são colocadas em caixas limpas e vazias que foram enviadas pela lavadora de caixas. Após preencher essas caixas com garrafas rotuladas, elas são paletizadas e enviadas para os centros de distribuição.

### **2.3 OEE (Eficiência Geral dos Equipamentos)**

O OEE (*Overall Equipment Efficiency*) é uma métrica que ajuda a decidir quando é preciso analisar uma máquina individualmente ou toda uma linha de produção. Esta métrica quantitativa é usada para monitorar e gerenciar a produtividade tanto de uma linha de produção quanto de um equipamento específico (Tsarouhas, 2013).

Bamber *et al.* (2003) descrevem que o OEE é utilizado para diferentes fins, não se restringindo à eliminação de perdas e melhoria da qualidade. Ele serve como medida de *benchmarking* inicial para comparações dentro de uma planta, ajuda a entender diferenças entre linhas de produção pela comparação de seus resultados e permite identificar a máquina que deve ser o foco dos esforços de TPM (Manutenção produtiva total) de modo a racionalizar os investimentos e a operação dos demais recursos produtivos. Adicionalmente, a medição do OEE permite identificar distúrbios crônicos em equipamentos e, assim, promove a busca de melhorias de processo e o aumento da sua vida útil.

Busso (2013) descreve o OEE como sendo uma métrica que relaciona o tempo em que um produto agrega valor ao tempo total disponível da máquina, levando em consideração as perdas associadas à disponibilidade, desempenho e qualidade. A análise da Figura 2 revela que, além dos três principais componentes do OEE, existem outros fatores que integram esses elementos.

Figura 2 – Fatores considerados na eficiência global de equipamentos



Fonte: adaptado de Vieira (2017)

A disponibilidade (D), segundo Lemos (2016), refere-se à comparação entre o tempo que o equipamento ou processo está planejado para estar disponível para a produção e o tempo real em que ele está efetivamente em operação. O cálculo é feito através da Equação 1, que usa o conceito de disponibilidade inerente (Gomes, 2019).

$$\text{Disponibilidade} = \frac{\text{Tempo produzindo}}{\text{Tempo programado para produzir}} \quad (1)$$

A performance (P) das máquinas está relacionada à sua capacidade de operar de maneira eficiente. Para uma execução eficaz da estratégia, é necessário adotar uma nova perspectiva sobre as ações e integrar essa visão na filosofia de trabalho, em vez de tratá-la como uma mera fórmula a ser seguida. Dentro desse contexto, dois fatores essenciais para uma boa performance são as pequenas paradas e a ociosidade, bem como a redução da velocidade (Vanzan, 2015). Para Fogliatto (2009) define as pequenas paradas como interrupções com duração inferior a quatro minutos.

A redução da velocidade resulta em uma produção com um ritmo mais lento em comparação ao funcionamento normal. Vários fatores podem causar essa diminuição, como o desgaste de peças, o superaquecimento devido à inadequada refrigeração, e problemas de lubrificação nos rolamentos. A performance é calculada utilizando a Equação 2.

$$\text{Performance} = \frac{\text{Quantidade de produção real}}{\text{Quantidade de produção teórica}} \quad (2)$$

Conforme Roth (2011), a qualidade (Q) reflete o avanço nas tecnologias que aumentaram a confiabilidade das ferramentas de controle possibilitou uma significativa transformação na forma como as empresas abordam a questão da qualidade. Machado (2012) acrescenta que a qualidade deixou de ser considerada apenas um atributo do produto e responsabilidade de um departamento específico, passando a ser uma questão integral para a empresa, englobando todos os aspectos de sua operação. A fórmula para o cálculo do índice de qualidade é apresentada na Equação 3.

$$\text{Qualidade} = \frac{\text{Peças produzidas} - \text{Peças refugadas}}{\text{Peças produzidas}} \quad (3)$$

Assim, a partir dos três elementos que compõem o indicador OEE, o mesmo poderá ser calculado (Equação 4).

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidade} \times \text{Performance} \times \text{Qualidade} \quad (4)$$

## 2.4 Quebra de garrafas

O conceito de desperdício refere-se a toda atividade dentro de um sistema produtivo que não contribui para agregar valor ao produto final. Isso inclui erros e formas inadequadas de manuseio dos materiais durante o processo de produção, resultando em custos adicionais para o produto (Costa, 2020).

Partindo desse princípio, a quebra de garrafas em linha de envase de cerveja é um desperdício significativo para uma indústria cervejeira, ainda mais importante quando se trata de uma linha de garrafas retornáveis, já que é um dos insumos em que mais é entregue capital, como comentado por Briggs (2004).

Em seus estudos, Dias (2004) relatou que as perdas de matérias-primas e de produtos acabados ou semiacabados, ocorrem normalmente por anomalias do processo, que podem ser desde quebras de equipamentos a insumos fora da especificação. Entre essas anomalias, ainda podem ser incluídas as manutenções corretivas, produtos não conforme, refugos, retrabalhos, vazamentos, paradas de produção por qualquer outro motivo e até erro na previsibilidade de vendas.

Empresas de modo geral, e principalmente as de serviços, necessitam realizar um aperfeiçoamento de eficiência contínua, a fim de diminuir, eliminar ou prevenir perdas. Sushil (1990), defende que reconhecer os desperdícios, estágios em que são gerados e aplicar uma sistemática de redução em cada estágio separadamente, pode contribuir ao combate a desperdícios.

Em uma cervejaria, a quebra de garrafas é subdividida em três categorias, conforme reafirmado por Moresco (2019) e descritas a seguir:

- Quebra por movimentação: ocorre durante o transporte dos produtos no armazém por meio das empilhadeiras;
- Quebra proposital: são as garrafas que foram expulsas no inspetor eletrônico por apresentar danos físicos que impedem sua reutilização. Essas são devolvidas para a logística;
- Quebra maquinário: ocorre ao longo da linha de produção, nos transportes ou nas máquinas da linha, podem ser desencadeadas por incidentes como colisões nos transportes, explosões de garrafas na enchedora durante o processo de enchimento, explosões de garrafas nos transportes após a saída do pasteurizador, devido ao aumento da temperatura que eleva a pressão interna das garrafas; queda de garrafeiras durante a paletização, caso as camadas do palete não sejam formadas corretamente; e outras razões que possam causar quebras.

O cálculo do número de Quebra Maquinário é realizado subtraindo-se a quantidade de garrafas registadas pela logística, que indica as entregues à despaletizadora, do total apontado pelo *Packaging*, referente ao número de garrafas paletizadas (Moresco, 2019). Além disso, certos valores são deduzidos (Equação 5).

$$QM = DPL - QP - DEV - GF - PL \quad (5)$$

Em que QM representa a quebra de maquinário, DPL o número de garrafas apontadas na despaletizadora, QP a quebra proposital, DEV o número de garrafas devolvidas à logística — incluindo tanto garrafas em bom estado não utilizadas quanto garrafas de marcas concorrentes ou de refrigerante —, GF o número de garrafas faltantes nas garrafeiras, estimado diariamente a partir de uma porcentagem obtida por amostragem de um caminhão selecionado aleatoriamente pelo sistema logístico da empresa, e PL a produção líquida, medida pelos sensores da paletizadora que contabilizam as caixas destinadas à paletização.

## **2.5 CONTROLE DA QUALIDADE**

Mudanças significativas na concepção das linhas de produção foram impulsionadas por Frederick Taylor. Com o objetivo de reduzir os tempos de execução das atividades, otimizar o tempo e a produção em grande escala, resultando em melhorias no padrão e repetibilidade dos processos, Taylor aplicou uma abordagem em que cada colaborador fosse responsável por uma única tarefa ou parte de um processo. Considera-se que a aplicação dessa metodologia foi o início para um novo modo de produzir nas organizações (Moreira *et al.* 2021).

Com a criação dos conceitos de gestão da qualidade, ferramentas da qualidade, gerenciamento de processos e processos de melhoria contínua, além de permitir uma melhoria no monitoramento de controle dos processos, obteve-se impacto positivo sobre a tomada de decisões. A aplicação desses métodos e conceitos requer conhecimentos especializados e treinamentos, principalmente quando se fala em melhoria contínua de um processo essencial.

Entre as inúmeras ferramentas da qualidade, folha de estratificação; diagrama de Pareto; planilhas de verificação; gráficos de controle; histogramas; gráficos de dispersão e diagrama de causa e efeito, são consideradas elementares por Magar *et al.* (2014). Como mencionado por Moreira (2021), essas ferramentas podem ser aplicadas na solução de problemas específicos, ou também podem ser combinadas com o método ciclo PDCA nas etapas planejar e controlar.

Anjos (2010) menciona que, o uso de ferramentas da qualidade pode variar de acordo com a equipe, a dimensão e necessidade da organização. Cabe ao administrador do projeto escolher corretamente qual utilizar para evitar que o excesso de ferramentas comprometa o bom andamento do projeto de melhoria. Algumas dessas ferramentas serão abordadas neste trabalho.

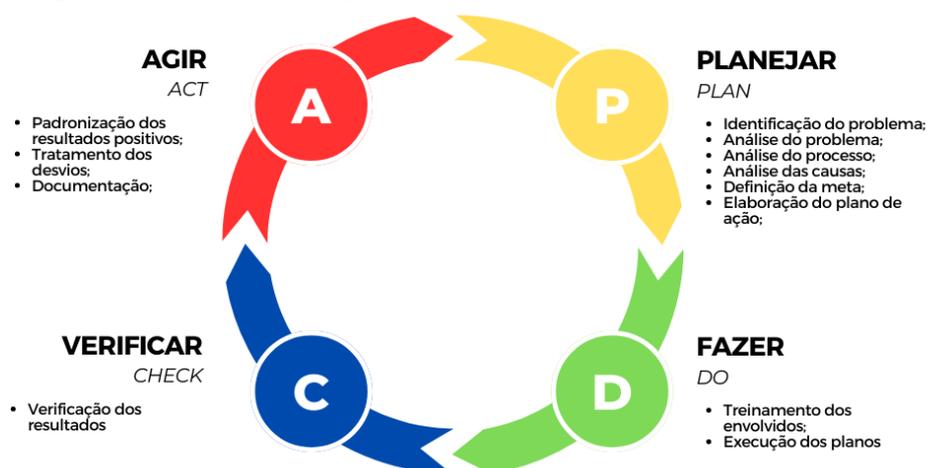
### **2.5.1 Ciclo PDCA**

O ciclo PDCA, também conhecido como Ciclo de Deming ou Ciclo de Melhoria Contínua, é uma metodologia amplamente utilizada para promover a melhoria contínua nos processos organizacionais.

Desenvolvido na década de 1920 pelo físico norte-americano Walter Andrew Shewart, conhecido por seu trabalho no controle estatístico de qualidade, o ciclo só ganhou popularidade mundial na década de 1950. Isso se deve ao professor William Edwards Deming, também americano, que se destacou por suas contribuições à melhoria dos processos produtivos dos EUA durante a Segunda Guerra Mundial e é reconhecido como um guru do gerenciamento de qualidade (Saraiva, 2012).

Segundo Deming (1990) e Campos (1992), o PDCA é composto por quatro etapas ou fases (Figura 3) para organizar as melhorias em ciclos sucessivos, que determinam os resultados esperados. As etapas do ciclo são descritas nos próximos sub-itens.

Figura 3 – Representação detalhada das etapas do Ciclo PDCA



Fonte: Reprodução Moreira et al. (2021)

### 2.5.1.1 Planejar

A etapa de Planejamento (P) está relacionada com a identificação do problema, já que é de suma importância que ele esteja bem definido e claro, permitindo que se possa realizar um planejamento adequado com objetivos, ações e metas quantificáveis, bem como da definição dos métodos que serão aplicados e as estratégias a serem seguidas. De acordo com Neves (2007), essa é a etapa mais importante, e determinante para o sucesso das demais, pois somente um planejamento bem elaborado irá fornecer as informações e dados necessários para o sucesso das etapas seguintes.

Werkema (1995) menciona que a fase de planejamento é a mais complexa e que exige maiores esforços pois, quanto maior for o número de informações utilizadas, maior será a necessidade de empregar mais ferramentas para a coleta e processamento destas. Ao mesmo tempo, maior será a eficácia e resultado da aplicação do método PDCA.

Em sua revisão, Moreira *et al.* (2021), apresenta a etapa de planejamento dividida em quatro sub-etapas que são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Sub-etapas da etapa de planejamento

Sub-etapa	Definição	Recursos
<b>Identificação do problema</b>	Será definido o problema alvo a que se deseja resolver. Essa é uma fase preliminar de diagnósticos	Anotações, esboços e entendimento do problema
<b>Observação</b>	Fase investigativa das características do problema (seus impactos e desdobramentos causados).	Gráfico de Pareto (80-20); gráficos de dispersão; gráficos de tendência; mapa fatorial de distâncias euclidianas
<b>Análise</b>	Ao aprofundarmos sobre o problema, pode-se descobrir as causas fundamentais. Essa etapa é “chave” para a resolução do problema, visto que se definirmos uma causa inadequada, o problema será solucionado de maneira parcial, ou não solucionado	5W2H
<b>Elaboração</b>	Ocorre a elaboração do plano de ação para tratamento das causas fundamentais do problema. Importante ressaltar que o foco é nas causas reais do problema e não nos seus efeitos.	Criar um indicador para acompanhar durante o projeto e avaliar se a ação tomada solucionou o problema, ou apresentou melhora.

Fonte: a autora (2024)

### 2.5.1.2 Execução

A partir do plano de ação estabelecido na etapa anterior, a etapa Execução (D) consiste basicamente em realizar as ações de acordo com o que foi proposto, seguindo o procedimento operacional padrão como o previsto. Por isso é válido ressaltar a importância de um plano bem estruturado.

Antes de entrar em ação, para que o planejamento ocorra como o esperado, deve-se educar e treinar todos os envolvidos no processo. Também é neste passo que ocorre a coleta de dados para que seja feita a verificação na etapa seguinte do ciclo (Neves, 2007).

### 2.5.1.3 Controle

É no controle (C) que serão checadas as ações executadas na fase de execução, comparando os dados atualizados com a meta proposta. Assim, é imprescindível que as ações sejam monitoradas e formalizadas corretamente, com atualizações e acompanhamentos padronizados, para que todos os resultados sejam relatados (Nascimento, 2011).

Após planejar e implementar, o gestor deve monitorar e avaliar constantemente os resultados das atividades realizadas. É essencial revisar os processos e resultados, comparando-os com o planejamento, objetivos, especificações e o estado desejado. Além disso, deve consolidar as informações e, se necessário, elaborar relatórios específicos (Costa, 2020).

Caso o efeito das ações esteja dentro do esperado passa-se para etapa seguinte, caso não, retorna-se para sub-etapa de observação.

#### **2.5.1.4 Ação**

A etapa de ação (A) é a última fase do ciclo PDCA e inclui duas sub-etapas importantes: padronização e efetivação. O processo de padronização envolve a criação de um novo padrão ou a modificação de um já existente, com foco em diversos pontos essenciais para sua estruturação. Estes incluem a definição do que precisa ser realizado, a atribuição de responsabilidades para cada atividade, a determinação de prazos para sua realização, a identificação do local onde ocorrerá, a descrição da forma como a tarefa deve ser executada e, principalmente, a indicação da importância de cada atividade (Andrade, 2003; Melo, 2001). Com um processo padronizado, caso o problema ressurgir, a solução pode ser implementada com maior agilidade e eficiência, resultando em uma resposta mais rápida e eficaz ao problema.

Costa (2020) reforça que, caso seja necessário, o gestor deverá traçar novos planos de ação para melhoria da qualidade do procedimento, com o objetivo de corrigir falhas e o aprimoramento contínuo dos processos da empresa.

### **2.5.2 Técnicas e ferramentas da qualidade**

#### **2.5.2.1 *Brainstorming***

A técnica de *brainstorming* é reconhecida como sendo eficaz para estimular a criatividade. Segundo Santo (2015), essa abordagem ajuda a revelar padrões de pensamento recorrentes, permitindo a geração de diversas alternativas e ampliando o número de sugestões e ideias criativas.

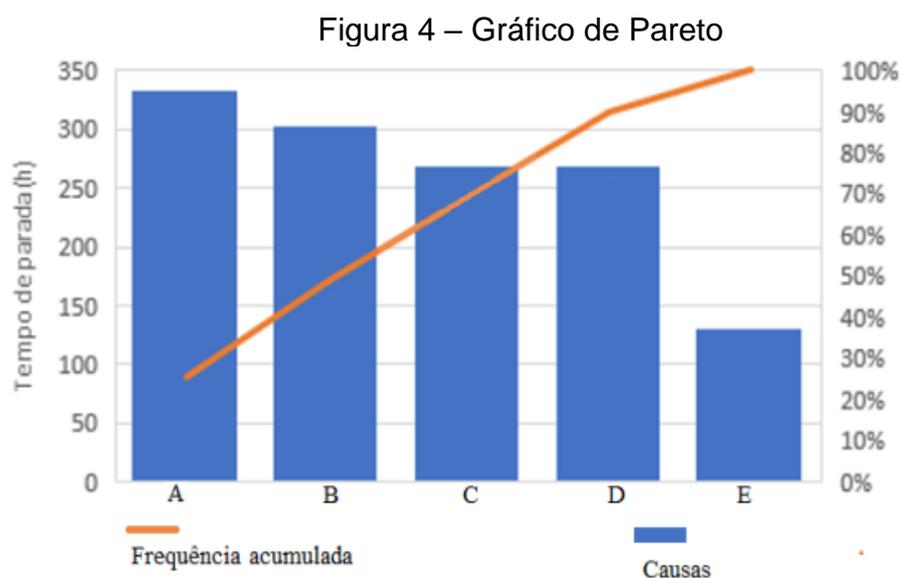
O *brainstorming* oferece uma abordagem eficaz para resolver problemas, gerando uma variedade de soluções para uma determinada situação. As ideias tendem a ser mais abundantes quando o trabalho é realizado em grupo. Os princípios fundamentais da técnica, propostos por Osborn (1987), incluem: 1) priorizar a quantidade de ideias, pois quanto mais, melhor; 2) evitar críticas, garantindo que as sugestões não sejam julgadas durante a sessão; 3) valorizar ideias inovadoras que desafiem o pensamento convencional; 4) combinar e aprimorar sugestões para criar novas ideias através de associações; 5) transformar as ideias em ações concretas; e 6) acompanhar a evolução das propostas, o que pode incentivar ainda mais o grupo a buscar soluções criativas.

### **2.5.2.2 Diagrama de Pareto**

Bhoi, Desai e Patel (2014) descrevem o diagrama de Pareto como uma ferramenta gráfica utilizada para classificar as causas, destacando aquelas mais significativas em relação às menos significativas. O termo Pareto é uma homenagem ao economista italiano Vilfredo Pareto, cujos estudos revelaram que 80% da riqueza da Itália era controlada por apenas 20% da população. A ferramenta também é conhecida como Regra 80/20, pois estudos de Joseph Moses Juran identificaram que 80% dos problemas são geralmente causados por 20% dos fatores.

Ainda que exista uma priorização dos efeitos com maior incidência apresentados no gráfico, os demais também são relevantes e não devem ser descartados, o que estaria contrariando a teoria da confiabilidade de Russel. Este defende que mesmo os problemas de pequenas proporções quando somados a outros da mesma dimensão, resultam em um conjunto com confiabilidade bastante reduzida (Nakata, 2000).

O gráfico de Pareto é uma ferramenta muito utilizada na rotina industrial, principalmente quando aliada a uma base de dados que permite a criação de diagramas em segundos com o uso de gráficos dinâmicos do Excel, por exemplo. Na Figura 4, Diamantino *et al.* (2023) representa pelas barras, a frequência dos problemas registrados, ou seja, a quantidade de vezes que cada fator gerou problemas. No eixo da direita é possível observar o impacto percentual desses problemas, indicado pela linha central que indica a frequência acumulada.



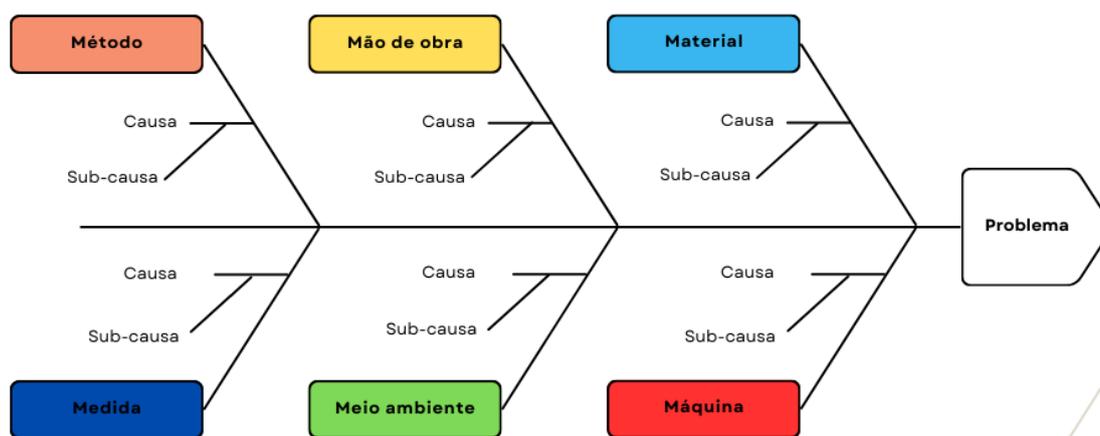
Fonte: Diamantino *et al.* (2023)

### 2.5.2.3 Diagrama de causa e efeito (*Ishikawa*)

De acordo com Werkema (1995), o diagrama de causa e efeito (Figura 5), popularmente conhecido como diagrama de *Ishikawa* ou gráfico de espinha de peixe devido à sua forma, é uma ferramenta empregada para investigar e organizar as origens de problemas. Ele demonstra a interligação entre grupos de fatores (causas) e o resultado de um processo (efeito).

Loureiro *et al.* (2020) explicam que as causas dos problemas são categorizadas e examinadas por meio de uma série de perguntas, visando identificar problemas e suas origens. Gonçalves e Gasparotto (2019) corroboram, descrevendo o diagrama com a forma de uma espinha de peixe, onde são analisadas as entradas (6M: mão de obra, máquina, meio ambiente, método, matéria-prima e medição) que levaram à baixa qualidade dos insumos, as possíveis causas que influenciam essas entradas (espinhas) e o problema em questão (*output*). Essa ferramenta é alimentada pelas informações geradas em uma sessão de *brainstorming*, também conhecida como tempestade de ideias.

Figura 5 – Diagrama de Causa e Efeito – 6M's



Fonte: a autora (2024)

## 2.6 Os 5 porquês

O método dos 5 porquês surgiu durante a década de 1970 na indústria Toyota, sendo seu principal objetivo, assegurar a qualidade em todos os processos produtivos. Trata-se de um método baseado na condução sequenciada de perguntas que devem ser feitas até que se chegue à causa raiz, até quando não for mais possível perguntar, com, no máximo, cinco passos (BARRA *et al.* 2015). O número de perguntas pode variar para mais ou para menos que cinco, e se inicia sempre com o estabelecimento do problema e o questionamento “por que ocorreu o problema?”.

Scherer *et al.* (2022) argumentam que essa ferramenta deve ser utilizada de forma a avaliar diversos aspectos, como:

- O funcionamento prático, que busca entender como as coisas operam, garantindo que o problema seja resolvido considerando o ponto de vista operacional;
- A lógica interna, que visa analisar como as partes de algo se relacionam entre si, buscando compreender a lógica intrínseca por trás do problema;
- A visão sistêmica, que tem por objetivo enxergar o problema dentro de um contexto mais amplo, ultrapassando seus limites imediatos e compreendendo sua interconexão com outras partes do sistema;
- A análise conceitual, para examinar a essência do problema e o contexto em que ele se insere, a fim de compreendê-lo profundamente;
- As leis naturais, buscando considerar como as leis naturais influenciam a situação, reconhecendo que a realidade está sujeita a essas leis e reage a elas.

## 2.7 5W2H

A metodologia 5W2H surgiu no Japão após a Segunda Guerra Mundial como uma ferramenta de auxiliar à etapa de planejamento do ciclo PDCA (Araújo, 2019). Por ser simples e objetiva na elaboração de planos de ação, ela é comumente aplicada em diversos projetos de gestão nos mais variados ramos industriais, seja em um projeto de análise de negócios ou em de desenvolvimento de novos produtos.

A 5W2H utiliza perguntas formuladas em inglês para gerar respostas estratégicas que esclareçam o problema a ser resolvido, organizem as ideias na resolução de problemas e permitam a divisão de um processo em etapas. Isso ajuda a identificar falhas que possam impedir a conclusão adequada do processo (SILVA; SILVA, 2017). O Quadro 2 detalha o significado de cada etapa.

Quadro 2 – Definição das etapas da metodologia 5W2H

Perguntas da 5W2H	Definições
<b>What:</b> O quê?	São descritas as ações a serem realizadas; registra-se qual é a situação atual e qual deve ser o cenário ao final.
<b>Why:</b> Por quê?	Indicam-se as possíveis causas das não conformidades ou as vantagens que a empresa pode ter ao investir em determinado projeto.
<b>Where:</b> Onde?	Precisa-se considerar o contexto geral do planejamento estratégico que está sendo elaborado e a sua abrangência.

<b>When:</b> <b>Quando?</b>	Estabelece-se qual é o prazo para isso; é importante não focar apenas no resultado final, mas, sim, em todas as etapas.
<b>Who:</b> <b>Quem?</b>	A atribuição de responsabilidades é indispensável ao plano de ação, definem-se as pessoas que vão coordenar e executar o plano.
<b>How:</b> <b>Como?</b>	Deve-se ter um escopo dos procedimentos e métodos que devem ser adotados, além de estabelecer critérios de avaliação e qualidade.
<b>How Much:</b> <b>Quanto?</b>	A última etapa da aplicação 5W2H é estimar os custos que as soluções propostas terão para a empresa. Isso ajuda a avaliar a viabilidade de cada ideia apresentada.

Fonte: adaptado de Silva e Silva (2017)

## 2.8 ANÁLISE DE DADOS E ESTATÍSTICA EM PYTHON

A linguagem Python foi criada por Guido van Rossum e teve seu desenvolvimento iniciado no final da década de 1980, com a primeira versão sendo lançada em 1991. Inspirado por linguagens como ABC, Python foi projetada para ser uma linguagem de programação fácil de ler e escrever, com uma sintaxe clara e concisa (Python, 2024). Desde então, Python evoluiu significativamente, ganhando popularidade por sua versatilidade e simplicidade.

Autores como Ramdas (2019) e Saabith *et al.* (2019) destacam que a linguagem Python se distingue por oferecer uma ampla gama de bibliotecas e módulos gratuitos, facilitando seu uso em diversas aplicações. Essa versatilidade é evidenciada na sua capacidade de atender a necessidades significativas, que vão desde álgebra, matrizes e sistemas lineares, até funções numéricas e gerenciamento de dados. Python também é amplamente utilizado para geração de visualizações, esquemas e tabelas, desenvolvimento de sistemas dinâmicos de páginas e interfaces virtuais. Além disso, é uma ferramenta valiosa em inteligência artificial, aprendizado de máquina e redes neurais, proporcionando um alto desempenho em tarefas de retroaprendizagem (Mehta *et al.*, 2017).

### 2.8.1 Bibliotecas de Python para análise de dados

As principais qualidades do Python incluem sua habilidade de se integrar com outras linguagens e seu robusto conjunto de bibliotecas. As bibliotecas discutidas a seguir são altamente analíticas e fornecem uma caixa de ferramentas abrangente para

ciência de dados, com funções otimizadas para operar de maneira eficiente, com uma configuração ideal de memória, pronta para executar *scripts* com desempenho superior (Boschetti e Massaron, 2015).

Lopes *et al.* (2020) apresentam as três principais bibliotecas utilizadas na análise de dados:

- **Pandas:** a Pandas é uma biblioteca de código aberto com licença, projetada para a linguagem de programação Python. Ela oferece estruturas de dados de alto desempenho e fácil utilização, focadas na análise de dados (Coelho, 2017).
- **Seaborn:** a *Seaborn* é uma biblioteca de visualização de dados para Python, construída sobre o *Matplotlib*. Ela oferece uma interface de alto nível para criar gráficos estatísticos atraentes e informativos.
- **Matplotlib:** a *Matplotlib* é uma biblioteca de plotagem 2D para Python, capaz de gerar gráficos de qualidade para publicação em diversos formatos, tanto para impressão quanto para ambientes interativos entre plataformas. Pode ser utilizado em *scripts* Python, no *shell* Python e IPython, em notebooks *Jupyter* e em servidores web.

A Figura 6 apresenta a declaração das bibliotecas que serão necessárias para a análise de dados.

Figura 6 – Declaração das bibliotecas

```
import pandas as pd
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt
```

Fonte: a autora (2024)

### 2.8.2 Processamento e limpeza de dados

A aquisição e a limpeza de dados em Python são cruciais para a análise de dados e a tomada de decisões. A aquisição de dados envolve a coleta de informações de várias fontes, como sensores de máquinas, bancos de dados e registros de sistemas de controle. Esses dados, frequentemente brutos e desorganizados, precisam ser processados para serem úteis (Sahoo *et al.* 2019).

Análise e modelagem de dados demandam tempo significativo em preparação (carga, limpeza, transformação e reorganização). A Pandas por sua vez, em conjunto

com demais recursos da linguagem Python oferecem ferramentas rápidas e flexíveis para que a manipulação dos dados seja realizada de maneira rápida e prática (McKinney, 2023).

Depois da limpeza dos dados, é comum realizar uma exploração e análise para revelar *insights* importantes. Durante essa etapa, são frequentemente empregadas técnicas de visualização e algoritmos estatísticos para identificar tendências e padrões nos dados. Esse tipo de análise é particularmente útil para manutenção preditiva, otimização de processos e controle de qualidade (Zancheta, 2024).

### **2.8.3 Visualização de dados**

O uso do pacote *Matplotlib* facilita a interpretação dos resultados ao destacar tendências e *insights* através da visualização de dados. Com Python, a visualização de dados se torna uma ferramenta valiosa para representar informações complexas de forma clara e acessível. Bibliotecas como *Matplotlib*, *Seaborn* e *Plotly* permitem a criação de gráficos, diagramas e mapas interativos, tornando os dados mais compreensíveis e prontos para ação (McKinney, 2023).

Essas visualizações desempenham um papel fundamental em diversas áreas, como na manutenção preditiva, onde gráficos de tendências ajudam a antecipar falhas em equipamentos, e na otimização de processos, onde a análise visual dos dados de desempenho revela oportunidades de melhoria (Zancheta, 2024). Em essência, a capacidade de criar visualizações com Python não só torna a interpretação de dados complexos mais acessível, mas também aprimora a tomada de decisões e a eficiência operacional (Kumar, 2015).

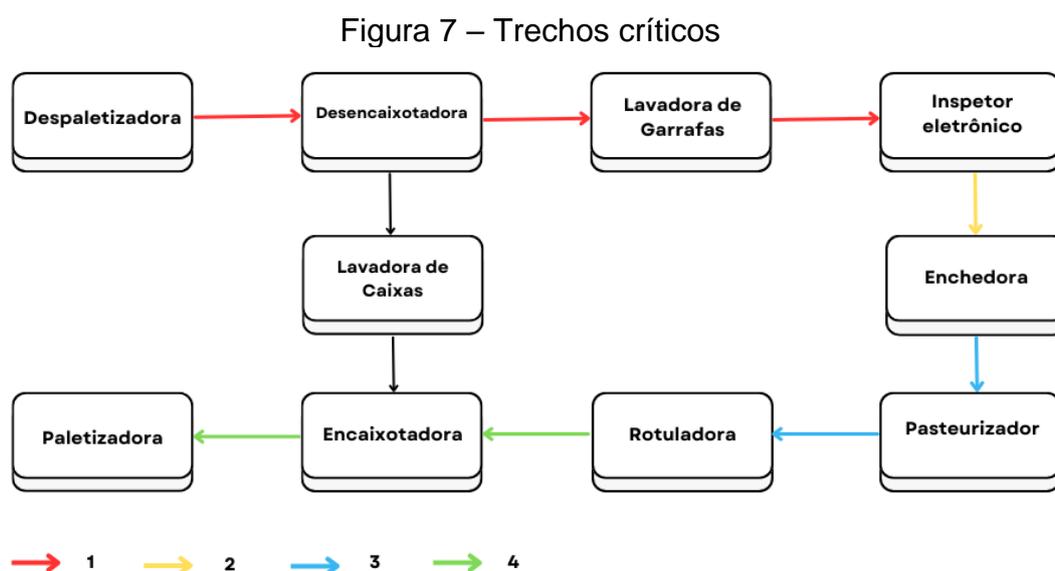


### 3 METODOLOGIA

Este trabalho trata-se de uma proposta de plano de ação para a redução do indicador de quebra de garrafas de vidro em uma linha de envase. A proposta baseia-se na aplicação do ciclo PDCA e ferramentas da qualidade ao longo das suas quatro etapas, explorando a aplicação do Python na tomada de decisões.

Devido a sua flexibilidade, a linguagem de programação Python estará presente principalmente nas etapas de Planejamento e Controle. Por possuir integração com outras ferramentas e tecnologias de bancos de dados, permitirá que dados de várias fontes possam ser acessados, além disso, é uma ferramenta de fácil documentação e reprodutibilidade, permitindo que analistas documentem suas análises de forma clara, tornando o processo reprodutível e transparente.

O estudo será realizado na etapa de envase (descrita no item 2.2) mais precisamente nos trechos destacados na Figura 7. Para que seja possível entender quais processos da linha estão impactando na quebra de garrafas, sugere-se que seja feita uma análise estratificada por trechos em que há contagem de garrafas, sendo eles: despaletizadora até o inspetor de garrafas (1); inspetor até a enchedora (2); enchedora até as rotuladoras (3), e das rotuladoras até a paletizadora (4).



Fonte: a autora (2024)

#### 3.1 Método PDCA

### 3.1.1 Planejamento

Nesta etapa, será definida a linha foco (com maior impacto de quebra de garrafas), o trecho crítico da linha e o plano de ação que será aplicado.

Inicialmente, propõe-se realizar o acompanhamento do indicador através de um gráfico que reúna dados das folhas de fechamento (entrada, saída, quebra proposital e quebra maquinário) das quatro linhas de envase. A partir da análise de quebra, a linha que apresentar maior impacto será a prioridade para o primeiro ciclo.

A segunda etapa do planejamento consistirá em analisar os trechos destacados na Figura 7 separadamente (cruzando dados fornecidos pelos equipamentos). Nesta etapa será possível utilizar um protótipo em Python (Apêndice A) que informará esses dados de maneira clara o objetiva.

O código do Apêndice A foi desenvolvido para realizar a coleta e análise de dados sobre garrafas em um processo de produção, permitindo ao usuário inserir informações sobre quebras em diferentes etapas do processo (Figura 8).

Figura 8 – Função para coletar dados do usuário

```
# Função para coletar dados do usuário
def coletar_dados():
    dados = []
    while True:
        try:
            data = input("Digite a data (formato YYYY-MM-DD) ou 'fim' para encerrar: ")
            if data.lower() == 'fim':
                break

            qp = int(input("Digite o número de garrafas com quebra proposital (QP): "))
            dev = int(input("Digite o número de garrafas devolvidas à logística (DEV): "))
            gf = int(input("Digite o número de garrafas faltantes nas garrafeiras (GF): "))
            dpl = int(input("Digite o número de garrafas apontadas na despaletizadora (DPL): "))
            uip = int(input("Digite o número de garrafas no Inspetor de Garrafas (UIP): "))
            ech = int(input("Digite o número de garrafas na Enchedora (ECH): "))
            rot = int(input("Digite o número de garrafas nas Rotuladoras (ROT): "))
            pl = int(input("Digite o número de garrafas apontadas na paletizadora (PL): "))

            dados.append({
                'Data': data,
                'DPL': dpl,
                'QP': qp,
                'DEV': dev,
                'GF': gf,
                'PL': pl,
                'UIP': uip,
                'ECH': ech,
                'ROT': rot
            })
        except ValueError:
            print("Entrada inválida. Por favor, insira números inteiros.")

    return pd.DataFrame(dados)

# Coletar dados do usuário
df = coletar_dados()
```

Fonte: a autora (2024)

Em seguida, são calculados indicadores de qualidade com base nas quebras e nas entradas de garrafas (Figura 9), identifica o trecho com a maior quebra (Figura 10) e visualiza as entradas e saídas de garrafas ao longo do tempo por meio de gráficos (Figura 11).

Figura 9 – Cálculos

```
# Calcular o indicador QM
df['QM'] = df['DPL'] - df['QP'] - df['DEV'] - df['GF'] - df['PL']

# Calcular a quebra total por trecho
df['DPL_UIP'] = df['DPL'] - df['UIP']
df['UIP_ECH'] = df['UIP'] - df['ECH']
df['ECH_ROT'] = df['ECH'] - df['ROT']
df['ROT_PAL'] = df['ROT'] - df['PL']
```

Fonte: a autora (2024)

Figura 10 – Identificação do trecho com maior quebra

```
# Criar um DataFrame com a soma de quebras por trecho
trechos = {
    'Trecho': ['Despaletizadora até o Inspetor de Garrafas',
              'Inspetor até a Enchedora',
              'Enchedora até as Rotuladoras',
              'Das Rotuladoras até a Paletizadora'],
    'Quebra': [df['DPL_UIP'].sum(),
               df['UIP_ECH'].sum(),
               df['ECH_ROT'].sum(),
               df['ROT_PAL'].sum()]
}
df_trechos = pd.DataFrame(trechos)

# Identificar o trecho com a maior quebra
trecho_mais_quebrado = df_trechos.loc[df_trechos['Quebra'].idxmax()]
```

Fonte: a autora (2024)

Figura 11 – Função para plotar gráficos

```
# Plotar gráficos
plt.figure(figsize=(14, 10))

# Gráfico de entradas e saídas
plt.subplot(3, 1, 1)
sns.lineplot(data=df, x='Data', y='DPL', label='Entradas (DPL)', marker='o')
sns.lineplot(data=df, x='Data', y='PL', label='Saídas (PL)', marker='o')
plt.title('Entradas e Saídas de Garrafas')
plt.xlabel('Data')
plt.ylabel('Número de Garrafas')
plt.legend()
plt.xticks(rotation=45)
plt.grid(True)

# Informar o trecho com maior quebra
print(f"O trecho com a maior quebra de garrafas é '{trecho_mais_quebrado['Trecho']}' com um total de {trecho_mais_quebrado['Quebra']} garrafas quebradas.")
```

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

O código fornece uma interface interativa para a inserção de dados e inclui validação de formatos de data, assegurando uma coleta de informações mais robusta.

A partir do resultado apresentado na etapa anterior, a equipe de planejamento da manutenção poderá focar em ações e investigação de causas. Nessa fase, o trecho identificado como o gargalo será submetido a uma análise aprofundada aplicando a ferramenta Diagrama de Ishikawa. Em uma reunião com os gestores da área, técnicos de manutenção e operadores dos equipamentos considerados críticos, espera-se que sejam levantadas as possíveis causas raiz do problema.

Com base nas hipóteses levantadas, inicia-se a definição de um plano de ação, utilizando a ferramenta 5W2H (Figura 12).

Figura 12 – Modelo de tabela 5W2H que pode ser aplicada

PLANO DE AÇÃO - 5W2H								
Nº Ação	Descrição Inicial	What	Why	Who	When	Where	How	How Much
		O que?	Por que?	Quem?	Quando?	Onde?	Como?	Quanto?
1		Etapas	Justificativa	Responsabilidade	Prazo	Local	Método	Custos

Fonte: a autora (2024)

### 3.1.2 Execução

Na fase de execução, a equipe implementará o plano de ação delineado na etapa de planejamento, focando especificamente na linha identificada como a mais crítica em termos de quebra de garrafas. As atividades incluirão:

- **Monitoramento contínuo:** acompanhamento ativo dos indicadores de desempenho por meio de gráficos que consolidam os dados das folhas de fechamento das quatro linhas de envase. Isso permitirá que a equipe visualize e analise as entradas, saídas, quebras proposital e de maquinário.
- **Coleta de dados:** com a utilização do protótipo em Python descrito no Apêndice A. Os dados relevantes sobre cada etapa do processo serão registrados.
- **Análise detalhada:** análise minuciosa dos trechos críticos identificados, utilizando os dados coletados para identificar padrões e causas raízes das quebras. Isso incluirá a correlação entre as quebras e variáveis operacionais, como velocidade da linha, manutenção dos equipamentos e procedimentos de operação. Nesta análise, será válido aplicar o diagrama de *Ishikawa* para encontrar a causa raiz.

- **Ajustes e intervenções:** com base na análise, serão realizadas intervenções imediatas para mitigar as quebras. Isso pode envolver ajustes nos processos operacionais, treinamentos para os operadores, ou manutenção e ajustes em equipamentos.
- **Feedback e ajustes:** após a implementação das ações corretivas, a equipe irá coletar feedback dos operadores e monitorar as mudanças nos indicadores. Isso permitirá avaliar a eficácia das ações implementadas e fazer ajustes contínuos conforme necessário.
- **Documentação e relatórios:** ao longo da fase de execução, será importante documentar todas as ações tomadas, resultados observados e lições aprendidas. Relatórios periódicos serão gerados para comunicar o progresso e os resultados às partes interessadas.

### 3.1.3 Controle

Na etapa de controle, serão acompanhados os indicadores definidos (na etapa de planejamento) como foco para o acompanhamento da causa raiz. Esse acompanhamento pode ser feito por meio de ferramentas já existentes ou poderá ser implementado a algum protótipo em Python, que gere resultados semelhantes aos obtidos pelo código do Apêndice A.

A partir desse acompanhamento, serão definidas novas ações e planos para os indicadores que não apresentarem melhoras significativas em seus resultados.

Durante as 12 (doze) semanas do projeto, é recomendado que ocorram microciclos baseados nos dados que estão sendo acompanhados, e caso ocorram falhas que fujam do esperado, sugere-se aplicar a metodologia dos 5 porquês para encontrar a causa raiz e criar uma base de informações com as soluções para o problema/falha em questão.

### 3.1.4 Ação

A última fase do ciclo PDCA, compreende a etapa de padronização. Nessa etapa, deve-se realizar as descrições dos procedimentos e de que forma serão realizados durante todas as etapas da resolução do problema (Moreira *et al*, 2021). Após a execução das três etapas do ciclo PDCA, é necessário realizar a padronização dos procedimentos operacionais (seja a criação ou atualização de um plano já existente).

Para efetivar o plano de ação, deverá ser criada uma base de dados com a catalogação de todos os procedimentos operacionais e de manutenção, criando uma árvore de falhas, que permitirá a reaplicação da solução em problemas similares, tornando mais ágil a solução do problema.

#### 4 ESTUDO SIMULADO

Neste estudo simulado foi analisado o impacto financeiro da quebra de garrafas em uma linha de envase que produz 700 mil garrafas por dia, com uma taxa de quebra de 1%. Essa situação resultou em uma perda de aproximadamente 7 mil garrafas por dia. Considerando o custo médio de R\$ 0,90 por garrafa, foi calculado o valor final financeiro perdido devido a essas quebras (Tabela 1), assim como as projeções mensal e anual, levando em conta a uma redução de 50% nas quebras após a implementação do projeto (Tabela 2).

Tabela 1 – Perdas financeiras antes da implementação do projeto

Descrição	Quantidade (garrafas)	Custo por garrafa (R\$)	Valor financeiro (R\$)
<b>Quebra diária</b>	7.000	0,90	6.300,00
<b>Perda mensal (30 dias)</b>	210.000	0,90	189.000,00
<b>Perda anual (365 dias)</b>	2.555.000	0,90	2.299.500,00

Fonte: a autora (2024)

Tabela 2 – Perdas financeiras depois da implementação do projeto

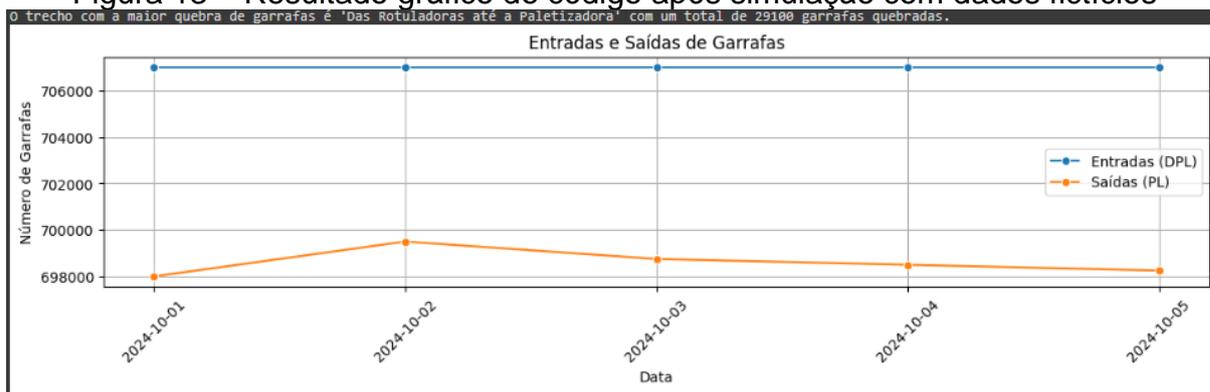
Descrição	Quantidade (garrafas)	Custo por garrafa (R\$)	Valor financeiro (R\$)
<b>Quebra diária</b>	3.500	0,90	3.150,00
<b>Perda mensal (30 dias)</b>	105.000	0,90	94.500,00
<b>Perda anual (365 dias)</b>	1.277.000	0,90	1.149.300,00

Fonte: a autora (2024)

A implementação do projeto resultará em uma economia significativa para a empresa, com uma redução de perdas de aproximadamente R\$ 94.500,00 por mês e R\$ 1.149.300,00 por ano. Essa simulação demonstra a importância de intervenções que visem reduzir as quebras de garrafas, não apenas melhorando a eficiência da linha de produção, mas também contribuindo diretamente para a saúde financeira da organização.

A partir dos dados de quebras em cada trecho (obtido através da diferença de garrafas entre o início e o final do trecho), o protótipo do Apêndice A informará qual trecho mais teve quebra de garrafas no período analisado (Figura 13).

Figura 13 – Resultado gráfico do código após simulação com dados fictícios



Fonte: Elaborado pela autora (2024)

#### 4.1 Cronograma

A Tabela 3 apresenta o cronograma das etapas do ciclo PDCA, que orientará a implementação da metodologia na busca pela redução dos custos variáveis relacionados à quebra de garrafas na cervejaria. O cronograma detalha cada fase do processo — Planejar, Executar, Checar e Agir — e estabelece prazos e responsabilidades, assegurando uma abordagem estruturada e eficaz. Através de análises de dados em Python, será possível identificar as causas do problema e implementar soluções que resultem em melhorias significativas.

Tabela 3 – Cronograma de etapas e atividades do ciclo PDCA

<b>Etapa</b>	<b>Atividades</b>	<b>Duração</b>	<b>Responsáveis</b>
<b>P (Planejar)</b>	1. Definir o problema (alto índice de quebra de garrafas)	1 semana	Equipe de Gestão
	2. Levantar dados históricos sobre quebras (causas, frequências, etc.)	2 semanas	Equipe de Dados
	3. Analisar dados e identificar padrões (usar Python para análise estatística)	1 semana	Analista de Dados
	4. Definir metas de redução e elaborar um plano de ação (5W2H)	1 semana	Equipe de Gestão
<b>D (Executar)</b>	1. Implementar as ações planejadas (ex.: treinamentos, melhorias no processo)	4 semanas	Equipe operacional (supervisores)
	2. Coletar novos dados sobre quebras durante a implementação	4 semanas	Equipe de Dados
<b>C (Controlar)</b>	1. Analisar os dados coletados pós-implementação (comparar com dados anteriores)	2 semanas	Analista de Dados
	2. Avaliar o impacto das ações sobre o indicador de quebra de garrafas	1 semanas	Equipe de Gestão
<b>A (Agir)</b>	1. Ajustar as ações com base na análise (manter, modificar ou descartar)	2 semanas	Equipe de Gestão
	2. Documentar o processo e compartilhar resultados com a equipe	1 semana	Equipe de Gestão
	3. Planejar novas ações se os resultados não forem satisfatórios	1 semana	Equipe de Gestão

Fonte: a autora (2024)

## 4.2 Resultados Esperados

A implementação da metodologia proposta tem como foco principal a mitigação das perdas relacionadas à quebra de garrafas na linha de envase. Com base nessa iniciativa, espera-se alcançar uma série de resultados positivos que abrangem não apenas a redução direta do indicador, mas também melhorias significativas em diversos aspectos operacionais, econômicos e de segurança. Dentre os principais benefícios esperados, destacam-se:

- **Redução do indicador de quebra de garrafas** com uma estimativa em redução de 30 a 50%.

- **Melhoria da eficiência operacional**, por meio da redução de paradas relacionadas à quebra de garrafas, impactando positivamente a performance da linha de produção.
- **Redução de custos**, por meio do aumento da reutilização de garrafas, evitando gastos adicionais com a compra de novas.
- **Benefícios para a segurança**, com ambiente de trabalho menos exposto a resíduos de quebra, reduzindo riscos associados.
- **Fortalecimento dos pilares de manutenção e qualidade**, devido ao estabelecimento de um processo contínuo de monitoramento e melhoria, garantindo a sustentabilidade dos benefícios alcançados.
- **Identificação contínua de oportunidades de melhoria**, pois o ciclo PDCA promoverá um ambiente propício para novas iniciativas de melhoria ao longo do tempo.

## 5 CONCLUSÕES

O presente trabalho que teve como objetivo apresentar uma proposta de melhoria contínua para o indicador de quebra de garrafas em uma linha de envase, demonstra que a aplicação do Ciclo PDCA em conjunto com ferramentas da qualidade e análise de dados pode ser uma estratégia eficaz para otimização de processos operacionais e da qualidade em linhas de envase de cerveja.

Os resultados que podem ser obtidos com a aplicação dessa metodologia não irão apenas refletir em uma redução tangível na taxa de quebra de garrafas, mas também pode contribuir para uma melhoria geral na eficiência operacional, economia de custos e um ambiente de trabalho mais seguro para os funcionários.

Além disso, a aplicação do ciclo PDCA pode estabelecer um processo contínuo de melhoria, destacando a importância da monitoração constante, análise de dados e ações preventivas para garantir resultados sustentáveis no longo prazo.

Para efetivar o plano de ação, deverá ser criada uma base de dados com a catalogação de todos os procedimentos operacionais e de manutenção, criando uma árvore de falhas, que permitirá a reaplicação da solução em problemas similares, tornando mais ágil a solução do problema.

Este trabalho não apenas propõe a aplicação do ciclo PDCA como um método de gestão da qualidade, mas também apresenta a importância da utilização de ferramentas de visualização de dados e linguagem de programação Python como apoio à tomada de decisões na busca pela excelência operacional e pela satisfação do cliente.

## REFERÊNCIAS

- ANJOS, M. C. O uso de ferramentas da qualidade na gestão da agroindústria em Mato Grosso do Sul. 2010. Dissertação (Mestrado em Produção e Gestão Agroindustrial) - Universidade Anhanguera – UNIDERP, Mato Grosso.
- ANDRADE, F. F. O Método de Melhorias PDCA. 2003. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil e Urbana - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- ARAÚJO, A. K. R. *et al.* 5W1H e 5 porquês: aplicação em processo de análise de falha e melhoria de indicadores. In: BRAZ, C. A.; CAZINI, J. (Orgs.). Alinhamento dinâmico da engenharia de produção 2. Belo Horizonte: Athena Editora, 2019. p. 15–24.
- BAMBER, C. J. *et al.* Cross-functional team working for overall equipment effectiveness (OEE). *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, v. 9, n. 3, p. 223-238, 2003.
- BARRA, R. B. M. *et al.* Avaliação da qualidade de serviços logísticos em processos construtivos de unidades habitacionais do Programa Nacional de Habitação Rural. *Revista Gestão Industrial*, v. 11, n. 02, p. 46-69, 2015.
- BHOI, J. A. *et al.* The Concept & Methodology of Kaizen: A Review Paper. *International Journal of Engineering Development and Research*, v. 2, p. 812-820, 2014. Disponível em: [https://www.ijeit.com/Vol%203/Issue%201/IJEIT1412201307\\_11.pdf](https://www.ijeit.com/Vol%203/Issue%201/IJEIT1412201307_11.pdf). Acesso em: 28 set. 2024.
- BRASIL, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário da Cerveja 2024. Brasília, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/anuarios-de-produtos-de-origem-vegetal-pasta/anuario-da-cerveja-2024-ano-referencia-2023/view>. Acesso em: 06 set. 2024.
- BRIGGS, D. *et al.* *Brewing Science and Practice*. Boca Raton: CRC Press, 2004.
- BUSSO, C. M. *et al.* Análise da aplicação de indicadores alternativos ao Overall Equipment Effectiveness (OEE) na gestão do desempenho global de uma fábrica. *Produção*, São Paulo, v. 23, n. 2, p. 205-225, 2013.
- CAMPOS, V. F. Controle da qualidade total. Rio de Janeiro: Editora Bloch, 3. ed. 1992.
- COSTA, H. J. C. Redução da Quebra de Vidro TP nas Linhas de Enchimento. 2020. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química - Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto.
- DEMING, W. E. Qualidade: a revolução da administração. Rio de Janeiro: Marques Saraiva, 1990.

DIAMANTINO, F. S. *et al.* Metodologia Kaizen aplicada à otimização de indicador logístico no procedimento de envase em uma cervejaria. *Revista FATEC Zona Sul*, v. 10, n. 1, p. 23-40, 2023.

DIAS, L. C. Sistemática para Apoiar a Redução de Perdas e Estabilização de Processos. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia com Ênfase em Qualidade) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

FOGLIATTO, F. Manutenção e Confiabilidade: TPM – Total Productive Maintenance. Campus, 2009.

GOMES, C. J. Desempenho de máquina: estudo de caso em uma linha de envase em uma indústria de alimentos no estado de Sergipe. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe. Coordenação de Engenharia de Produção, Aracaju.

GONÇALVES, L. R. *et al.* Um estudo sobre gestão pela qualidade total na indústria de máquinas e equipamentos. *Revista Interface Tecnológica*, v. 16, n. 2, p. 428-440, 2019.

HAINES, G. The design and layout of packaging lines. *The Brewer*, março 1995, p. 92-97, 1995.

HÄRTE, F. L. Efficiency Analysis of Packaging Lines. Heineken - WBBM Report Series. Delft University Press, 1997.

KOB, E. Como a cerveja se tornou bebida brasileira: a história da indústria de cerveja no Brasil desde o início até 1930. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico Brasileiro*, Rio de Janeiro, v. 161, n. 409, p. 29-58, 2000.

KUMAR, R. Future for scientific computing using Python. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, v. 2, n. 1, p. 30–41, 2015.

LENIN, V. I. O desenvolvimento do capitalismo na Rússia. São Paulo: Abril Cultural, 1982.

LEMOS, C. Análise da capacidade produtiva dos equipamentos através do indicador OEE em um setor de salgadinho de uma indústria alimentícia. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2016.

LIMBERGER, S. C. O setor cervejeiro no Brasil: gênese e evolução. *CaderNAU*, v. 6, n. 1, 2014. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/cnau/article/view/4769>. Acesso em: 12 mar. 2024.

LOUREIRO, J. P. B. *et al.* Aplicação do diagrama de causa e efeito no diagnóstico do elevado consumo de energia: um estudo de caso nos setores administrativo e de produção da Cooperativa Agrícola Mista de Tomé-açu - CAMTA. *Research, Society and Development*, v. 9, n. 10, e2019107953, 2020.

MACHADO, S. S. Gestão da qualidade. Inhumas: IFG; Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, 2012.

MAGAR, V. M. *et al.* Application of 7 Quality Control (7 QC) Tools for Continuous Improvement of Manufacturing Processes. *International Journal of Engineering Research and General Science*, v. 2, n. 4, p. 364–371, 2014.

MCKINNEY, W. Python para análise de dados: tratamento de dados com pandas, NumPy & Jupyter. São Paulo: Editora Novatec, 2023.

MELO, C. P. *et al.* PDCA: Método de melhorias para empresas de manufatura - versão 2.0. Belo Horizonte: Fundação de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

MEHTA, V. K. *et al.* Application of computer techniques in medicine. *Med Journal Armed Forces India*, v. 50, n. 3, p. 215-218, 2017. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6257447/>. Acesso em: 20 set. 2024.

MOREIRA, M. M. A. C. *et al.* Ferramentas da qualidade: uma revisão de diagrama de Ishikawa, 5W2H, Ciclo PDCA, DMAIC e suas interrelações. *Anais eletrônicos do 5º Simpósio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica*, São Carlos, 2021.

MORESCO, C. A. Aplicação do Ciclo PDCA para a redução de quebra de garrafas em uma linha de envase de cerveja. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa.

NASCIMENTO, A. F. G. A utilização da metodologia do ciclo PDCA no gerenciamento da melhoria contínua. São João Del Rey, 2011. Monografia - Faculdade Pitágoras – Núcleo de Pós-Graduação e Instituto Superior de Tecnologia.

NAKATA, K. Acerto 100%, desperdício zero: um novo conceito de 5S. São Paulo: Infinito, 2000.

NEVES, T. F. Importância da utilização do ciclo PDCA para garantia da qualidade do produto em uma indústria automobilística. Juiz de Fora, 2007. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora.

OSBORN, A. F. O poder criador da mente: princípios e processos do pensamento criador e do brainstorming. Traduzido por E. Jacy Monteiro. São Paulo: Editora Ibrasa, 1987.

RAMDAS, N. R. Basic Fundamental of Python Programming Language and The Bright Future. *International Multidisciplinary Quarterly Research Journal*, v. 8, n. 2, p. 71-76, 2019. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/350192013\\_Basic\\_Fundamental\\_of\\_Python\\_Programming\\_Language\\_and\\_The\\_Bright\\_Future](https://www.researchgate.net/publication/350192013_Basic_Fundamental_of_Python_Programming_Language_and_The_Bright_Future). Acesso em: 25 set. 2024.

ROTH, C. W. Curso técnico em automação industrial: qualidade e produtividade. 3. ed. Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011.

SAABITH, A. L. S. *et al.* Python current trend applications: an overview. *International Journal of Advance Engineering and Research Development*, v. 6, n. 10, p. 6-12, 2019.

SAHOO, K. *et al.* Exploratory data analysis using Python. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, v. 8, n. 12, p. 4727–4735, 2019.

SANTO, R. Brainstorming–tempestade de ideias (BS-TI) ou como tirar seu time do “cercadinho mental”. Biblioteca temática do empreendedor, 2015. Disponível em: [https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS\\_CHRONUS/bds/bds.nsf/741A876FE828908203256E7C00614A23/\\$File/NT00002206.pdf](https://bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/741A876FE828908203256E7C00614A23/$File/NT00002206.pdf). Acesso em: 23 set. 2024.

SARAIVA, M. A Filosofia de Deming e a gestão da qualidade total no ensino superior português. *Revista Portuguesa de Management*, ano 3, n.º 5-6, p. 95-116, 2012.

SCHERER, T. P. *et al.* Proposta de um modelo de gestão estratégica para potencializar os resultados de uma empresa de concreto e pré-moldados. *Conjecturas*, v. 22, n. 14, p. 584-609, 2022.

SILVA, R. A. *et al.* Qualidade, padronização e certificação. Curitiba (PR): Ed. InterSaberes, 2017. p. 256.

SUSHIL. Waste Management: A Systems Perspective. *Industrial Management & Data Systems*, Northampton, Pearce Print Treatment, v. 90, n. 5, p. 1-67, 1990.

TSAROUHAS, P. H. Evaluation of overall equipment effectiveness in the beverage industry: a case study. *International Journal of Production Research*, v. 51, n. 2, p. 515-523, 2023.

VANZAN, R. Você (realmente) sabe o que é performance? *4Buzz*, 2015. Disponível em: <https://4buzz.com.br/blog/o-que-realmente-performance>. Acesso em: 28 set. 2024.

VIEIRA, E. Tire o máximo proveito do OEE com qualidade: produzir com qualidade não é uma escolha, é sobrevivência. 2017.

WERKEMA, M. C. C. As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos. In: **As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos**, 1995. p. 128-128.

## APÊNDICE A - ANÁLISE DE QUEBRA DE GARRAFAS EM PROCESSO DE PRODUÇÃO: COLETA, CÁLCULO E VISUALIZAÇÃO DOS DADOS

O código a seguir é um script Python que coleta dados sobre o número de garrafas em diferentes etapas de um processo de produção, calcula indicadores relacionados à quebra de garrafas e gera gráficos para visualização e análise desses dados. O código utiliza as bibliotecas *pandas*, *seaborn* e *matplotlib* para manipulação de dados e visualização gráfica.

```
import pandas as pd
import seaborn as sns
import matplotlib.pyplot as plt

# Função para coletar dados do usuário
def coletar_dados():
    dados = []
    while True:
        try:
            data = input("Digite a data (formato YYYY-MM-DD) ou 'fim'
para encerrar: ")
            if data.lower() == 'fim':
                break

            qp = int(input("Digite o número de garrafas com quebra
proposital (QP): "))
            dev = int(input("Digite o número de garrafas devolvidas à
logística (DEV): "))
            gf = int(input("Digite o número de garrafas faltantes nas
garrafeiras (GF): "))
            dpl = int(input("Digite o número de garrafas apontadas na
despaletizadora (DPL): "))
            uip = int(input("Digite o número de garrafas no Inspetor de
Garrafas (UIP): "))
            ech = int(input("Digite o número de garrafas na Enchedora
(ECH): "))
            rot = int(input("Digite o número de garrafas nas
Rotuladoras (ROT): "))
            pl = int(input("Digite o número de garrafas apontadas na
paletizadora (PL): "))

            dados.append({
                'Data': data,
                'DPL': dpl,
                'QP': qp,
                'DEV': dev,
                'GF': gf,
                'PL': pl,
                'UIP': uip,
                'ECH': ech,
```

```

        'ROT': rot
    })
    except ValueError:
        print("Entrada inválida. Por favor, insira números
inteiros.")

    return pd.DataFrame(dados)

# Coletar dados do usuário
df = coletar_dados()

# Calcular o indicador QM
df['QM'] = df['DPL'] - df['QP'] - df['DEV'] - df['GF'] - df['PL']

# Calcular a quebra total por trecho
df['DPL_UIP'] = df['DPL'] - df['UIP']
df['UIP_ECH'] = df['UIP'] - df['ECH']
df['ECH_ROT'] = df['ECH'] - df['ROT']
df['ROT_PAL'] = df['ROT'] - df['PL']

# Criar um DataFrame com a soma de quebras por trecho
trechos = {
    'Trecho': ['Despaletizadora até o Inspetor de Garrafas',
              'Inspetor até a Enchedora',
              'Enchedora até as Rotuladoras',
              'Das Rotuladoras até a Paletizadora'],
    'Quebra': [df['DPL_UIP'].sum(),
              df['UIP_ECH'].sum(),
              df['ECH_ROT'].sum(),
              df['ROT_PAL'].sum()]
}
df_trechos = pd.DataFrame(trechos)

# Identificar o trecho com a maior quebra
trecho_mais_quebrado = df_trechos.loc[df_trechos['Quebra'].idxmax()]

# Plotar gráficos
plt.figure(figsize=(14, 10))

# Gráfico de entradas e saídas
plt.subplot(3, 1, 1)
sns.lineplot(data=df, x='Data', y='DPL', label='Entradas (DPL)',
marker='o')
sns.lineplot(data=df, x='Data', y='PL', label='Saídas (PL)',
marker='o')
plt.title('Entradas e Saídas de Garrafas')
plt.xlabel('Data')
plt.ylabel('Número de Garrafas')
plt.legend()

```

```
plt.xticks(rotation=45)
plt.grid(True)

# Gráfico de quebra proposital e quebra de maquinário
plt.subplot(3, 1, 2)
sns.lineplot(data=df, x='Data', y='QP', label='Quebra Proposital (QP)',
marker='o')
sns.lineplot(data=df, x='Data', y='QM', label='Quebra Maquinário (QM)',
marker='o')
plt.title('Quebra Proposital e Quebra de Maquinário')
plt.xlabel('Data')
plt.ylabel('Número de Garrafas')
plt.legend()
plt.xticks(rotation=45)
plt.grid(True)
0
plt.tight_layout()
plt.show()

# Informar o trecho com maior quebra
print(f"O trecho com a maior quebra de garrafas é
'{trecho_mais_quebrado['Trecho']}' com um total de
{trecho_mais_quebrado['Quebra']} garrafas quebradas.")
```