

## APRIMORAMENTO DO PROCESSO DE *CLEAN-IN-PLACE* (CIP) ALCALINO EM UMA LINHA DE PRODUÇÃO DE REFRIGERANTES

Lázaro Miquéias da Silva Loiola  
Gabrielli Harumi Yamashita

### RESUMO

Dados do setor de alimentos e bebidas mostram a relevância das bebidas não alcoólicas no mercado brasileiro, representando 38% da produção total em 2021. Para aumentar a eficiência do processo produtivo um dos pontos de atenção é o tempo de *setup* das máquinas. Dessa forma, este estudo tem o objetivo de aprimorar o processo de *Clean-in-Place* (CIP) Alcalino em uma linha de produção de refrigerantes, visando reduzir o tempo médio e aumentar a disponibilidade operacional. Para isso foram utilizadas ferramentas de gestão da qualidade, como Mapeamento do Processo, Diagrama de Pareto e 5W2H, para identificar e solucionar atrasos na etapa de CIP automático. Os resultados demonstram sucesso na redução dos tempos, apresentando uma redução média de 35% no tempo de CIP automático. Embora algumas ações planejadas ainda não tenham sido implementadas, recomendando-se sua continuidade para melhorias contínuas no processo de CIP Alcalino na indústria de bebidas.

**Palavras-chave:** *clean-in-place*; setup; refrigerantes; gestão da produção.

Data de submissão: 24/11/2023

Data de aprovação: 30/11/2023

### 1 INTRODUÇÃO

O setor de alimentos e bebidas desempenha um papel essencial na economia brasileira, representando 10,2% do Produto Interno Bruto (PIB) do país, segundo dados fornecidos pela Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA). A subcategoria de bebidas não alcoólicas, que inclui refrigerantes, sucos, água envasada e energéticos, destaca-se como uma parte significativa desse mercado. A Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e de Bebidas não Alcoólicas (ABIR) revelou um aumento de 2,10% na produção de bebidas não alcoólicas em 2021, totalizando 328.619.500 hectolitros anuais, sendo os refrigerantes responsáveis por cerca de 38% desse volume, totalizando 126.959.270 hectolitros.

O processo de fabricação de refrigerantes ocorre em uma linha de envase, onde um equipamento denominado proporcionador desempenha um papel crucial na mistura do xarope, água e dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) resultando no refrigerante final. Posteriormente, a bebida passa por etapas de envase, capsulagem, rotulagem, empacotamento e paletização. No entanto, de acordo com Ferreira, Morabito e Rangel (2006), cada vez que um novo sabor ou tamanho de embalagem é introduzido, as máquinas requerem um tempo de preparação, conhecido como *setup*, que engloba desde ajustes do maquinário até a higienização dos equipamentos.

A diminuição do tempo de setup é primordial para o aumento da disponibilidade da linha de produção. Harmon & Peterson (1991), ressaltam que

diminuir o tempo médio do processo pode ter impactos significativos, possibilitando a produção de lotes menores, o que reduz a necessidade de investimentos em estoques, além de contribuir para o aumento do tempo de operação dos equipamentos e a redução de erros operacionais por meio da aplicação de ferramentas de qualidade.

No contexto da higienização, destaca-se o Processo de Limpeza no Local (Clean in Place - CIP), citado por Sislian (2012) como um procedimento essencial na remoção de contaminantes orgânicos e inorgânicos das tubulações e equipamentos da indústria de bebidas. Para que a limpeza CIP seja eficiente e resulte em um menor custo, é possível monitorar o processo através da medição de parâmetros como turbulência, tempo de contato, concentração e temperatura durante a limpeza, e quando necessário, realizar a calibração do processo (PEREIRA, 2021).

Neste contexto, este estudo tem como objetivo aprimorar o processo de CIP alcalino em uma linha de produção de refrigerantes, visando reduzir o tempo médio desse processo e, conseqüentemente, aumentar a disponibilidade da linha de produção. Para isso, foram utilizadas ferramentas de gestão da qualidade, como o Mapeamento do Processo, com o intuito de compreender a fundo cada uma das etapas de CIP e identificar qual a etapa responsável pelo maior atraso do processo. O Diagrama de Pareto foi empregado para identificar, dentro da etapa gargalo, quais passos apresentam maior atraso. O Diagrama de Ishikawa foi utilizado para identificar as causas dos problemas, a Matriz GUT para priorizar a investigação dessas causas, os 5 porquês para identificar a causa raiz, e o 5W2H para criar um plano de ação. Na sequência foram implementadas algumas das ações propostas no plano de ação com intuito de solucionar os problemas encontrados e reduzir o atraso na etapa de CIP automático.

A motivação para este estudo emergiu da necessidade da empresa em atingir suas metas internas de disponibilidade da linha de produção, um indicador crucial para a produtividade e o volume produzido. Analisando os tempos de duração dos processos em comparação com os tempos médios padrão estabelecidos pela empresa, identificou-se o processo de CIP como um dos principais obstáculos para atingir essas metas. Assim, a pesquisa se concentra em compreender as causas dos atrasos e propõe ações para mitigar esses impactos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Os tópicos abordados neste referencial serão a higienização na indústria, a higienização CIP e o ciclo de Sinner, qualidade na indústria, diagrama de Ishikawa, o método dos 5 porquês, mapeamento de processo, fluxograma, gráfico de Pareto, matriz GUT e 5W2H.

### **2.1 Higienização na indústria**

De acordo com a Resolução N° 216 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a área de preparação do alimento deve ser higienizada quantas vezes forem necessárias e imediatamente após o término do trabalho. Nas indústrias de alimentos, a higienização é dividida em duas etapas muito bem definidas: limpeza e sanitização. A limpeza é responsável pela remoção de partículas abióticas, dentre eles os materiais orgânicos, materiais inorgânicos, detritos, entre outros. Já a desinfecção tem por objetivo destruir os microorganismos patogênicos (FORNI, 2007). Após a limpeza, o número de microrganismos sobreviventes ainda é elevado, o que faz da sanitização um procedimento obrigatório (OLIVEIRA; BRUGNERA; PICCOLI, 2010).

Na indústria de alimentos, os sistemas de preparação e circulação de bebidas são sistemas fechados que envolvem extensas tubulações junto com tanques, válvulas, conexões e bombas associadas. A limpeza convencional destes tipos de sistemas normalmente requer a laboriosa desmontagem das linhas e bombas, o que é um processo dispendioso, tanto em termos de custos de mão-de-obra como de fabricação de equipamentos (Troller, 2012).

Na maioria dos processos, a produção deve necessariamente cessar para que seja feita a higienização, enquanto em outros, o fluxo precisa ser interrompido apenas em um curto período de tempo. De acordo com Tamime (2008), operações de maior escala, e onde instalações e equipamentos mais complexos podem estar envolvidos, a abordagem mais comum hoje é empregar um sistema Clean-in-Place (CIP).

## 2.2 Higienização CIP e Ciclo de Sinner

Um dos processos de limpeza mais comumente utilizados na indústria para assegurar que as tubulações e os equipamentos estejam livres de contaminantes orgânicos e inorgânicos é o Processo de Limpeza no Local (Clean-in-Place - CIP) (SISLIAN, 2012).

O CIP refere-se a uma tecnologia complexa que abrange um equipamento projetado e fabricado para ser capaz de ser limpo no local em que está instalado e é composto por dispositivos de pulverização de soluções, tubulação de fornecimento e de retorno de solução, tanques e dispositivos para alimentação de produtos químicos e um sistema de controle para executar o CIP e entregar a limpeza garantindo a circulação das soluções nas sequências corretas e seguindo os critérios de composição química, temperatura, pressão e vazão (SEIBERLING, 2007).

A higienização CIP compreende a circulação de soluções de limpeza ou de desinfecção através de máquinas ou outros equipamentos em circuito fechado, eliminando a necessidade de desmontagem do equipamento, cujas superfícies podem ser de difícil acesso (BARBOSA, 2010).

Na indústria de bebidas, cada linha de produção tem um sistema responsável pelo suprimento, operacionalização e controle do processo de CIP. Normalmente esse sistema recebe o nome de estação de CIP e é composto por um conjunto de tanques, tubulações, válvulas, trocadores de calor e componentes eletrônicos, como sensores, condutivímetros e medidores de vazão. Há várias fases CIP ou operações do módulo de controle que são inerentes a cada programa CIP, que incluem o sequenciamento da atuação dos dispositivos da estação de CIP, carregamento dos tanques de água e monitoramento e controle de nível, fluxo e temperatura da solução de CIP (SEIBERLING, 2007).

No contexto do processo de CIP, é crucial enfatizar que a eficácia desse método é delineada por quatro fatores principais, os quais seguem o Ciclo de Sinner: ação química, ação mecânica, efeitos térmicos e tempo (VON RYBINSKI, 2007).

De acordo com Forni (2007), esses quatro fatores operam da seguinte maneira: os agentes químicos atuam através de reações químicas, coagulação de proteínas, oxidação e ajuste do pH, cujos efeitos podem ser ajustados variando a concentração da solução. Paralelamente, os agentes térmicos estão intrinsecamente relacionados à temperatura da solução, acelerando, dessa forma, as reações químicas. Por outro lado, os agentes mecânicos, adquiridos por meio de dispositivos ou pela interação do fluxo e impacto de fluidos, contribuem para a remoção de resíduos. O

tempo desempenha um papel direto na quantidade de ligações que se desintegram durante o procedimento de higienização.

Esses fatores, conforme indicado por Von Rybinski (2007), trabalham de forma sinérgica, garantindo a eficácia do processo de higienização. Assim, a deficiência em qualquer um desses fatores pode requerer um reforço nas outras variáveis para compensar a lacuna e alcançar o desempenho almejado no método de CIP.

### **2.3 Qualidade na indústria**

A busca pela excelência na qualidade tem sido um dos princípios fundamentais da indústria desde a Revolução Industrial. Ao longo dos séculos, a qualidade na produção industrial evoluiu significativamente, impulsionada por avanços tecnológicos, mudanças nas expectativas dos consumidores e uma crescente ênfase na eficiência operacional (CORRÊA; CORRÊA, 2007).

Para Feigenbaum (1991), a qualidade do produto e do serviço está ligada ao conjunto de características de marketing, engenharia, fabricação e manutenção pelo qual o produto ou serviço atenderá às expectativas do cliente.

Em um ambiente global altamente competitivo, a qualidade emergiu como um fator crítico que afeta a satisfação do cliente. Compreender e melhorar a qualidade são fatores chave que conduzem ao sucesso, ao crescimento e a uma melhor posição de competitividade de uma empresa (MONTGOMERY, 2017).

As técnicas mais comuns e simples de produção da qualidade ficaram conhecidas como “ferramentas”. Tratam-se de dispositivos, procedimentos gráficos, numéricos ou analíticos, formulações práticas, esquemas de funcionamento, mecanismos de operação, enfim, métodos estruturados para viabilizar a implantação de melhorias no processo produtivo (CARVALHO E PALADINI, 2012). Essas ferramentas, que surgiram em resposta à necessidade de aprimorar a eficiência e reduzir falhas, tornaram-se elementos fundamentais em diversos setores da indústria e em contextos organizacionais.

Ao longo dos anos, essas ferramentas passaram por uma constante evolução, refinando métodos e técnicas para otimizar processos e, assim, elevar a satisfação do cliente. No âmbito da gestão da qualidade, as ferramentas desempenham um papel crucial ao proporcionar meios para análise, controle e aprimoramento contínuo. De acordo com Carvalho e Paladini (2012), as sete ferramentas da qualidade são: Diagrama de Pareto; diagrama de causa-efeito (ou espinha de peixe, ou ainda diagrama de Ishikawa); histograma; folhas de controle; diagramas de escada; gráficos de controle e fluxos de controle.

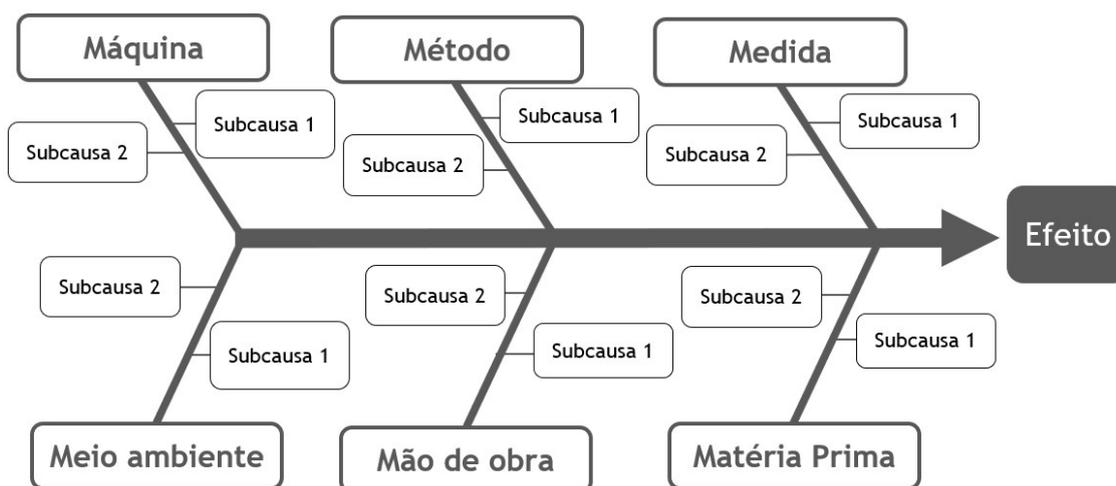
### **2.4 Diagrama de ishikawa**

O Diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de espinha de peixe ou diagrama de causa e efeito, é uma ferramenta frequentemente útil na exposição de causas potenciais, auxiliando na localização e reparação de defeitos (MONTGOMERY, 2017)

Segundo Vicente Falconi Campos (2004), por trás de cada efeito, fim ou resultado, subjaz um conjunto de causas ou fatores que exercem influência direta em sua ocorrência. Nesse contexto, o propósito primordial do Diagrama de Ishikawa consiste na identificação e análise minuciosa das causas associadas a um problema específico em um processo, sistema ou produto.

Conforme Ishikawa (1982), o diagrama é constituído pela representação da característica da qualidade (efeito), localizada à direita de uma seta horizontal. Os principais fatores causais são agrupados em categorias, tais como método, materiais, medição e mão de obra, dispostos em uma seta ramificada conectada à seta principal. Dentro de cada uma dessas subdivisões, são enumerados os fatores que podem ser considerados como subcausas. A Figura 1 ilustra o diagrama.

Figura 1 – Diagrama de Ishikawa



Fonte: adaptada de Campos, Vicente Falconi (2008, p. 20).

Para a construção do diagrama, é imprescindível que haja um brainstorming entre os envolvidos no processo e que não haja prejulgamento de nenhuma idéia apresentada, visando não constranger os participantes e conseguir extrair o máximo da participação de todos através da geração de idéias (CORRÊA; CORRÊA, 2007).

## 2.5 O método dos 5 porquês

A abordagem dos cinco porquês é um método científico empregado no âmbito do Sistema Toyota de Produção, visando identificar a causa raiz real de um problema, frequentemente oculta por sintomas evidentes (OHNO, 1997).

Weiss (2011) propõe, de maneira simplificada, uma sequência de cinco passos para a aplicação do método:

1. Inicie a análise com a declaração da situação que se almeja compreender, isto é, o ponto de partida deve ser o problema em questão;
2. Questione a veracidade da declaração anterior, indagando por que ela é verdadeira;
3. Diante da justificativa apresentada para explicar a veracidade da declaração anterior, questione novamente o porquê;
4. Prossiga com a indagação do porquê, sucessivamente, até que não seja mais possível formular novas perguntas;
5. O término das respostas aos questionamentos indica a identificação da causa raiz do problema.

Werkema (1995) sustenta que a técnica em questão demonstra versatilidade ao ser aplicada em uma variedade de contextos, seja para abordar situações específicas

ou para aprimorar processos existentes em ambientes corporativos. Dada sua simplicidade e acessibilidade, constitui uma ferramenta propícia para abordar desafios de menor complexidade, bem como para conduzir análises sistemáticas em ambientes de produção diversificados.

## **2.6 Mapeamento do processo**

De acordo com Johnston e Clark (2002), o mapeamento de processo é a técnica de representar o processo em um gráfico, para orientação em suas fases de avaliação, desenho e desenvolvimento. A construção de um mapa de processo pode ser uma experiência de abertura de visão, uma vez que, em geral, revela aspectos do processo dos quais as pessoas não estavam conscientes ou não compreendiam completamente (MONTGOMERY, 2017).

Segundo Hunt (1996), os benefícios do mapeamento de processos incluem reduções nos custos de desenvolvimento de produtos e serviços, menos falhas de integração de sistemas, compreensão uniformemente melhor dos processos e melhoria nas operações e no desempenho geral da empresa. Além disso, o mapeamento de processos é fundamental para a padronização de processos e para a documentação de procedimentos, o que, por sua vez, promove uma compreensão mais clara e consistente das operações.

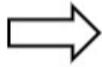
Independentemente da técnica adotada, o procedimento de mapeamento de processos, conforme delineado por Biazzo (2000), geralmente percorre as seguintes fases:

1. Delimitação das fronteiras e identificação dos clientes do processo, dos principais insumos e produtos, bem como dos agentes envolvidos no fluxo operacional;
2. Realização de entrevistas com os responsáveis pelas diversas atividades inerentes ao processo, aliada a um exame minucioso dos documentos disponíveis;
3. Elaboração do modelo, fundamentado nas informações assimiladas, seguida de uma revisão progressiva, pautada na lógica do ciclo de "autor-leitor" — em que o "leitor" pode consistir tanto nos participantes do processo quanto em potenciais usuários do modelo.

## **2.7 Fluxograma**

De acordo com Peinado e Graeml (2007), fluxogramas são formas de representar, por meio de símbolos gráficos, a sequência dos passos de um trabalho para facilitar sua análise. Para facilitar o entendimento, na construção do fluxograma utiliza-se um conjunto de símbolos para descrever etapas do processo. Esse conjunto geralmente é representado pelos cinco elementos listados na figura 2.

Figura 2 – Simbologia de fluxogramas

Símbolo	Descrição
	Operação: ocorre quando se modifica intencionalmente um objeto em qualquer de suas características físicas ou químicas, ou também quando se desmonta componentes e partes.
	Transporte: ocorre quando um objeto ou matéria prima é transferido de um lugar para o outro, de uma seção para outra ou de um prédio para outro.
	Espera ou demora: Ocorre quando um objeto ou matéria prima é colocado intencionalmente numa posição estática. O material permanece aguardando processamento ou encaminhamento.
	Inspeção: ocorre quando um objeto ou matéria-prima é examinado para sua identificação, quantidade ou condição de qualidade.
	Armazenagem: ocorre quando um objeto ou matéria-prima é mantido em área protegida específica na forma de estoque.

Fonte: Peinado e Graeml (2007, p. 152).

Por ser uma ferramenta que facilita o entendimento de processos, o fluxograma é vastamente utilizado nas organizações. Na indústria, o fluxograma é usado, por exemplo, para descrever o fluxo de materiais, papéis e trabalho, colocação de máquinas, análise de saídas e entradas nos centros de expedição (BPM CBOOK, 2013).

## 2.8 Diagrama de pareto

A análise de Pareto, frequentemente referida como Princípio de Pareto ou Regra 80/20, é uma técnica de gestão que surgiu quando o economista italiano Vilfredo Pareto observou que, em muitos contextos econômicos e sociais, aproximadamente 80% dos efeitos são causados por 20% das causas, uma relação que ficou conhecida como o "Princípio de Pareto" (CORRÊA; CORRÊA, 2007). Segundo Werkema (2012), o Diagrama de Pareto é um gráfico de barras verticais que dispõe a informação de modo a tornar evidente e visual a estratificação e a priorização de um fenômeno, além de permitir o estabelecimento de metas específicas.

A análise de pareto se dá por meio de um gráfico em forma de barras, que mostra os eventos que estão sendo estudados e suas respectivas participações percentuais em um problema, evidenciando os eventos com maior impacto no problema, os quais deverão ser priorizados. Assim, ao invés de buscar a eliminação de todas as causas, inicialmente busca-se agir para eliminar as principais causas, de modo que maior parte do problema seja rapidamente resolvida (Peinado e Graeml, 2007).

## 2.9 Matriz GUT

A Matriz GUT, descrita por Marcelo Daychoum em seu livro "40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento", é uma ferramenta de priorização de problemas que visa auxiliar na definição de prioridades quando há múltiplas atividades a serem executadas. Baseia-se nos critérios de Gravidade, Urgência e Tendência de cada problema. A gravidade refere-se ao impacto do problema a longo prazo em pessoas, processos e organizações caso não seja resolvido. Urgência está relacionada ao tempo disponível ou necessário para solucionar o problema. Tendência avalia o potencial de crescimento, redução ou desaparecimento do problema. A pontuação de 1 a 5 para cada dimensão da matriz permite a classificação dos problemas em ordem decrescente, priorizando aqueles com maiores pontuações. O autor destaca a importância de tal análise ser conduzida pelo grupo de melhoria, juntamente com os responsáveis pelo processo, visando a melhor priorização dos problemas e ações a serem tomadas.

## 2.10 5W2H

O método 5W2H, comumente utilizado na elaboração estratégica de ações, visa a definir, de maneira sistemática, elementos fundamentais para a implementação da estratégia delineada. Nesse contexto, são considerados: o quê será executado (What), o momento específico da execução (When), o agente responsável pela execução (Who), a localização da execução (Where), a justificativa para a execução (Why), a metodologia ou abordagem a ser empregada (How), e a estimativa dos custos associados à execução (How much) (WERKEMA, 2012). Uma demonstração da ferramenta está ilustrada na Figura 3.

Figura 3 – Matriz 5W2H

<b>5W2H</b>	
<b>WHAT?</b>	<b>O Que? / Que? / Qual?</b>
<b>WHO?</b>	<b>Quem?</b>
<b>WHY?</b>	<b>Por que?</b>
<b>WHERE?</b>	<b>Onde?</b>
<b>WHEN?</b>	<b>Quando?</b>
<b>HOW?</b>	<b>Como?</b>
<b>HOW MANY? / HOW MUCH?</b>	<b>Quantos? / Quanto?</b>

Fonte: Daychoum (2011, p. 117).

De acordo com Daychoum (2011), aplicação da matriz 5W2H depende de cada projeto, de cada atividade e dos participantes do grupo, sendo de fundamental importância procurar conhecer os processos, identificar os elementos, as atividades, os produtos e serviços e os padrões a eles associados para ter sucesso na aplicação da ferramenta.

### **3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS**

Esta seção apresenta a classificação da pesquisa quanto às suas características, bem como a empresa e sua problemática em estudo e as etapas e ferramentas que compõem o método da pesquisa.

#### **3.1 Classificação da pesquisa**

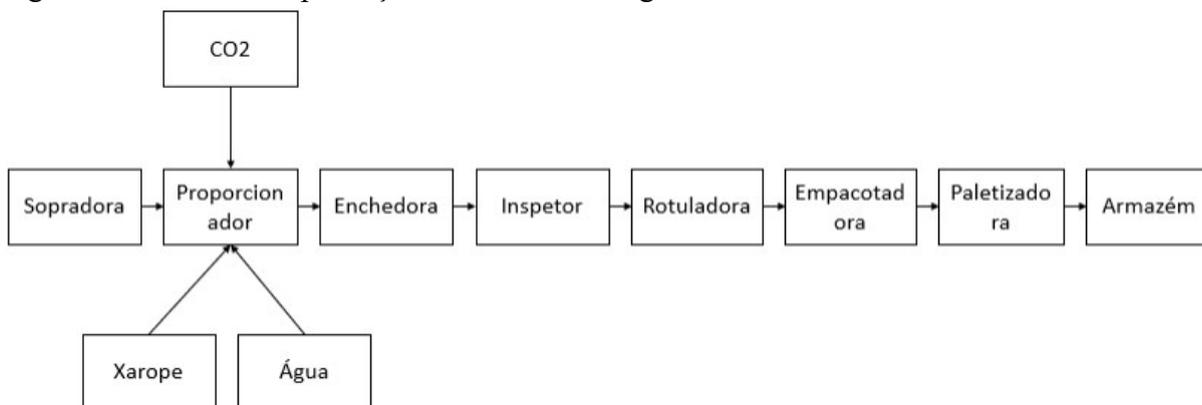
A pesquisa tem uma abordagem de natureza aplicada, pois visa gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos (PRODANOV e FREITAS, 2013). Quanto à abordagem e aos objetivos, é classificada como mista de caráter explicativo, que segundo Gil (2008), tem como preocupação central identificar os fatores que determinam ou que contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa pode ser classificada como estudo de caso que, segundo Gil (2008), é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados.

#### **3.2 Empresa estudada**

O presente estudo foi realizado em uma multinacional do setor de bebidas, sediada em São Paulo, que atua em 18 países nas Américas, e tem valor de mercado de cerca de R\$ 215 bilhões, sendo considerada a maior cervejaria do mundo. No Brasil, a empresa está presente em todas as regiões e conta com mais de 30 mil colaboradores e 30 unidades industriais, que incluem cervejarias, maltarias, refrigeranteiras e fábricas de rótulos, rolhas e vidros. O estudo se deu em uma linha de produção de refrigerantes, pertencente a uma unidade da empresa que está localizada no município de Aquiraz, no estado do Ceará.

O refrigerante é produzido na própria linha de envase, conforme apresentado no fluxograma da Figura 4, por meio de um equipamento chamado de proporcionador, que é constituído principalmente por um conjunto de tanques, bombas, válvulas e tubulações. O proporcionador é responsável por receber o xarope, uma solução composta por água, açúcar ou adoçantes e o concentrado da bebida a ser fabricada. Este equipamento procede com a mistura dos componentes da bebida: xarope, água e CO<sub>2</sub> em um reservatório chamado de “tanque pulmão”, dando origem ao refrigerante pronto. Em seguida, ainda no proporcionador, um equipamento chamado “analisador” realiza a leitura das concentrações dos componentes da bebida para garantir que o produto esteja dentro das especificações de qualidade e o envia para a enchedora, que é a máquina responsável por transferir a bebida para as garrafas vindas da sopradora, e por capsular as garrafas, que seguem para ser inspecionadas, rotuladas, empacotadas, paletizadas e, por fim, armazenadas.

Figura 4 – Processo de produção e envase de refrigerantes



Fonte: elaborado pelo autor (2023).

Ao finalizar a produção de um determinado produto, todas as superfícies que entram em contato com a bebida passam pelo processo de higienização denominado CIP (Clean-in-Place). O método de CIP mais comumente utilizado é o CIP 02, também conhecido como CIP alcalino, o qual é dividido em cinco passos, a saber: Enxágue de Água Fria Inicial, Enxágue Com Soda Cáustica, Enxágue Intermediário Com Água Fria, Enxágue Com Água Quente e Enxágue de Água Fria Final. Dessa forma, uma nova bebida só pode iniciar seu processo de produção após a realização do CIP.

### 3.3 Etapas do método

As etapas que compõem a metodologia utilizada para aumentar a disponibilidade da linha de produção, através da diminuição do tempo de CIP são apresentadas na Figura 5.

Figura 5 – Etapas do método



Fonte: elaborado pelo autor.

#### 3.3.1 Levantamento do tempo padrão de *setup*

Primeiramente, foi definida a meta de tempo médio de duração do processo de CIP. Para isso, utilizou-se documentos internos da companhia que definem o tempo médio padrão para cada processo relacionado à área produtiva. Viu-se que o “*setup de líquido*”, como é chamado o processo de CIP e análise de bebida, por padrão, tem um tempo de duração mais elevado do que o *setup* das máquinas, sendo portanto o foco deste estudo.

### 3.3.2 Coleta dos dados do processo

Em seguida partiu-se para a observação do problema, etapa em que foram levantados os dados de tempo médio do processo dos meses de junho, julho e agosto de 2023.

Para a coleta de dados, foram considerados bancos de dados do sistema de gestão da produção da empresa, os quais foram exportados e estruturados em uma planilha para a criação de um dashboard específico para a análise do problema em questão. De posse dos dados sobre a duração média do processo de CIP, seguiu-se para uma análise do atraso de CIP dos últimos três meses com foco em identificar o atraso médio do processo no período. Para isso, foi criada uma planilha na qual os indicadores foram comparados considerando o tempo médio de CIP padrão versus o tempo médio de CIP atual.

### 3.3.3 Mapeamento do processo

O estudo seguiu com a análise do processo, etapa em que utilizou-se um fluxograma vertical para analisar o processo de CIP 02, que foi dividido em 3 etapas: Pré CIP, CIP automático e Pós CIP. Para essa análise, foram coletados os tempos de cada atividade, o tipo da atividade (espera, processo, movimentação, inspeção e armazenagem) e foram anotadas observações relevantes sobre os principais pontos que geraram atraso no processo.

### 3.3.4 Identificação do gargalo

O gargalo é a parte do processo que mais atrasa a produção ou o fluxo de trabalho. A abordagem empregada envolveu uma investigação mais aprofundada dessa etapa, com o intuito de entender em profundidade cada passo desse gargalo. Para isso, primeiro foram analisadas as três etapas do processo, com o intuito de identificar qual delas levava a um maior atraso no CIP. Uma vez identificada a etapa gargalo, partiu-se para a análise dos seus subprocessos (ou passos), visando entender quais passos são responsáveis por gerar maior atraso na etapa. Após isso, foi desenvolvida uma planilha de comparação que permitiu contrastar os tempos padrão estabelecidos pela empresa para cada fase desse gargalo com os tempos reais de execução dessas fases, obtidos por meio do sistema de monitoramento.

### 3.3.5 Levantamento das causas e plano ação

Em seguida, foi conduzida a identificação dos problemas e suas causas, realizando-se uma sessão de brainstorming envolvendo a liderança e o grupo técnico. Isso teve como propósito a elaboração de um Diagrama de Ishikawa. Uma vez que as causas foram determinadas, a equipe empregou a matriz GUT para estabelecer a priorização das causas. O processo prosseguiu com a condução da investigação por meio da técnica dos “5 Porquês” para cada causa identificada como prioritária.

Por fim, gerou-se um plano de ação 5W2H para a resolução das causas raízes dos problemas encontrados.

#### 4 RESULTADOS

Com base na análise dos padrões de tempo médio de processos da companhia, viu-se que o tempo médio do processo de CIP Alcalino ideal é de, no máximo, 3 horas (180 minutos).

Em seguida partiu-se para a observação do problema, etapa em que foram levantados os dados de tempo médio do processo nos últimos três meses. A Tabela 1 apresenta os tempos médios reais, o tempo meta, assim como o atraso médio que está acontecendo, as quantidades de CIPs que foram realizados no mês e o tempo total de atraso que foi gerado no mês em questão.

Tabela 1 – Tempo médio do processo de CIP

Mês	Tempo médio (min)	Meta	Atraso médio	Quantidade de CIPs	Tempo total de atraso de CIP (min)
Junho	468	180	288	7	2016
Julho	338	180	158	6	948
Agosto	668	180	488	6	2928
Total	491,33	180	311,33	19	5892

Fonte: elaborada pelo autor.

De acordo com os dados da Tabela 1, percebe-se que nos três meses analisados, o tempo total de atraso de CIP totalizou 5892 min (98,2h), representando um alto impacto na performance da linha de produção.

Após a observação do problema, com o objetivo de identificar onde se encontravam as maiores oportunidades, seguiu-se para a análise do processo. Na Figura 6 está representado o fluxograma vertical, que é resultado de um Diagnóstico Técnico Operacional – DTO feito durante o processo de CIP Alcalino.

Figura 6 – Fluxograma vertical do processo

Descrição	Etapa	Tempo (min)	Tipo de Atividade					Observações	
			○	↶	◐	◻	▽		
1	Avisar xaroparia	Pré CIP	5	●					Movimentação
2	Virar tubulações para CIP	Pré CIP	8,5	●					Etapa manual
3	Programar CMX, ECH e Estação de CIP	Pré CIP	6	●					
4	Aguardar virada de tubulações e sinal da xaroparia	Pré CIP	5			●			Espera
5	Scrubbing	Pré CIP	20	●					
6	Iniciar CMX, ECH e Estação de CIP	Pré CIP	6	●					
7	CIP automático	CIP	145			●			Passos travando por não atingimento do set point
8	Testar se há resquícios de soda CMX	CIP	2	●					Contaminação por soda cáustica
9	Testar se há resquícios de soda xaroparia	CIP	2	●					Contaminação por soda cáustica
10	Enxágue (se houver resquícios)	CIP	35			●			Retrabalho
11	Testar se há resquícios de soda CMX	CIP	2	●					Retrabalho
12	Virar tubulações para produção	Pós CIP	8,5	●					Etapa manual
13	Tirar canecas de CIP	Pós CIP	9	●					Etapa manual
14	Avisar xaroparia e pedir bebida	Pós CIP	10	●					
15	Iniciar programa de pré-produção	Pós CIP	20	●					
16	Puxar bebida	Pós CIP	15	●					
17	Preparar bebida	Pós CIP	30	●					Dificuldade para ajustar
18	Analisar carbo	Pós CIP	12			●			
19	Analisar garrafas (CO2)	Pós CIP	15			●			
20	Analisar brix	Pós CIP	12			●			
21	Fim								
<b>TOTAL</b>			368 min						

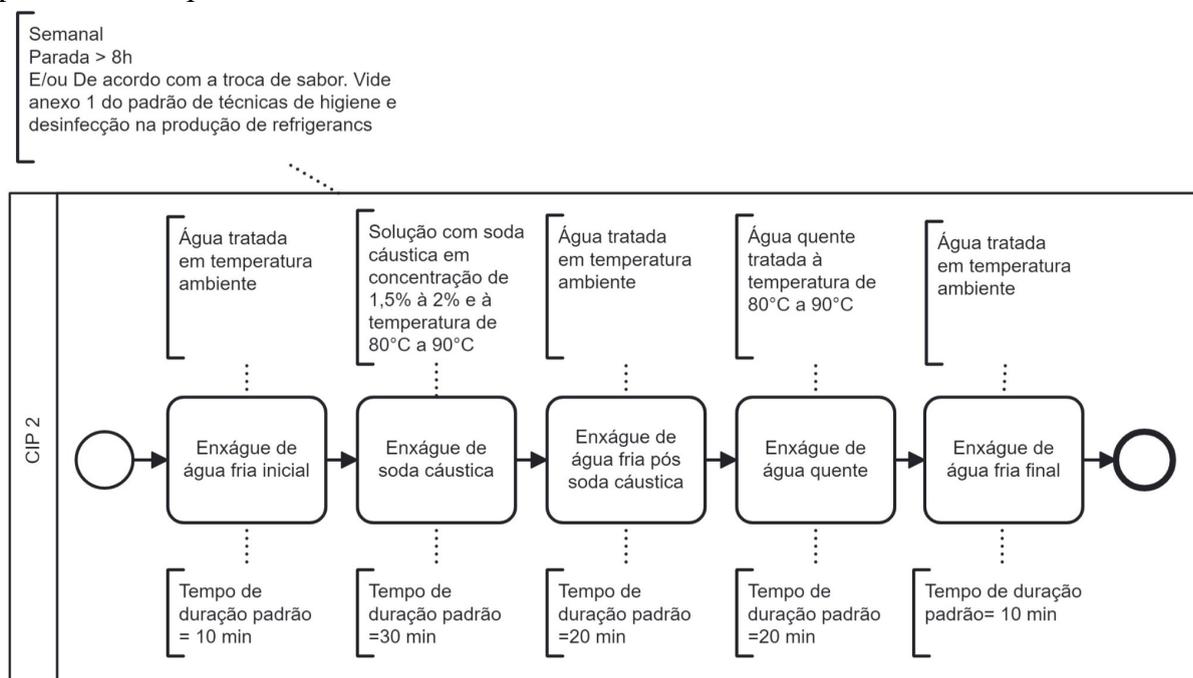
Fonte: elaborado pelo autor.

Para uma melhor investigação do problema, o processo foi dividido em três etapas, Pré CIP, CIP automático e Pós CIP. Na etapa de Pré CIP ocorre a preparação para início do CIP, e contempla atividades manuais de viradas de conexões das tubulações para receber a solução de CIP e também atividades manuais de limpeza (scrubbing). Nesta etapa, foi observado desperdício de tempo na atividade de virar as tubulações para CIP, que consiste em desacoplar manualmente as conexões da tubulação

de produto e acoplar na tubulação de CIP e vice-versa. Nesse caso, há a oportunidade de substituir o sistema de conexões por válvulas de acionamento manual.

Na etapa de CIP automático ocorre a circulação da solução de CIP nos tanques e tubulações que está dividida em 5 passos cuja soma dos tempos de duração padrão é de 90 minutos, conforme mostra o fluxograma da Figura 7. No entanto, a etapa durou 186 minutos, totalizando um atraso de 96 minutos. Nesta etapa observou-se atrasos no atingimento dos parâmetros de processo do CIP. Além disso, foi realizado o teste de contaminação por soda cáustica, através da adição de fenolftaleína, que constatou resquícios de soda cáustica na tubulação, problema que geralmente está relacionado à baixa vazão de retorno de CIP, e que gerou a necessidade da realização de novos enxágues até que não houvessem mais resquícios de soda cáustica, processo que aumentou significativamente o tempo de CIP.

Figura 7 – Passos da etapa de CIP automático e seus respectivos parâmetros de processo



Fonte: elaborado pelo autor.

Na etapa de Pós CIP é realizada a mistura de água, CO<sub>2</sub> e xarope para preparar a bebida, que segue para o laboratório onde passará por diversas análises visando garantir a qualidade da bebida. Nesta etapa, observou-se um atraso na preparação da bebida no proporcionador, etapa em que o operador apresentou dificuldades para ajustar os parâmetros de Brix, que determina a quantidade de açúcares presente no produto, e CO<sub>2</sub> da bebida.

Com o propósito de determinar a priorização na análise de etapas do processo, elaborou-se a Tabela 2 na qual foram comparados os tempos de duração observados em campo com os tempos padrões (meta) para cada fase do processo. Além disso foi calculado a diferença entre o tempo observado e o tempo padrão para assim quantificar os atrasos.

Tabela 2 – Tempos observados e padrão de cada etapa do processo

Etapa	Tempo	Meta	Atraso (min)
Pré CIP	50,5	20	30,5
CIP automático	186	90	96
Pós CIP	131,5	70	61,5

Fonte: elaborada pelo autor.

Conforme mostrado na Tabela 3, a etapa que apresentou maior distanciamento de tempo da meta foi a de CIP automático, totalizando 96 minutos. Uma vez identificada a etapa que gerou o maior atraso, foram comparados os tempos de duração de cada passo nos últimos 3 meses com as suas respectivas metas de tempo (Tabela 3) para melhor entendimento dessa etapa.

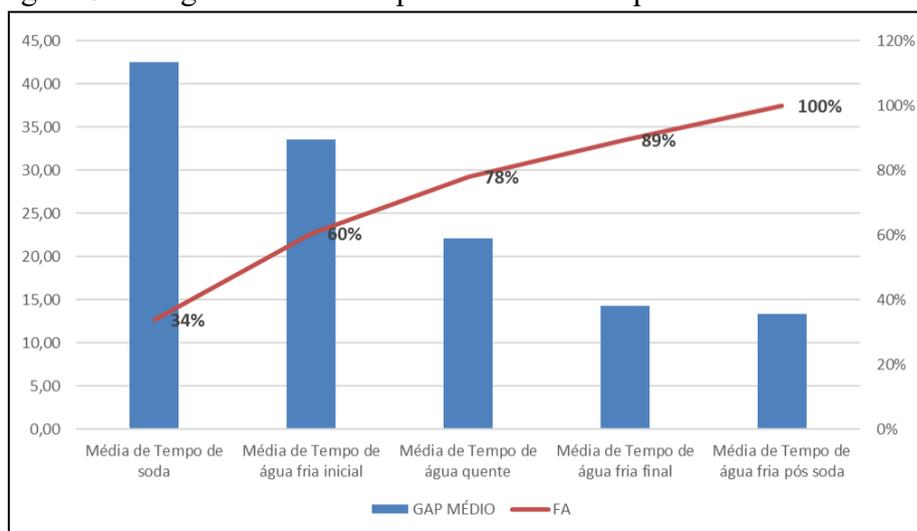
Tabela 3 – Tempo de duração de cada passo da etapa de CIP automático

Passo	Meta	Junho	Julho	Agosto	Atraso médio
Média de Tempo de soda	30	78,43	62,17	77,14	42,58
Média de Tempo de água fria inicial	10	53,43	42,00	35,29	33,57
Média de Tempo de água quente	20	47,71	43,50	35,14	22,12
Média de Tempo de água fria final	10	32,57	20,67	19,57	14,27
Média de Tempo de água fria pós soda	20	29,57	33,00	37,43	13,33
Total	90	241,71	201,34	204,57	125,87

Fonte: elaborada pelo autor.

Com base nos dados da Tabela 3, gerou-se um Diagrama de Pareto (Figura 8) que evidenciou que 78% dos atrasos na etapa de CIP automático foram causados pelos passos de enxágue com soda, enxágue de água fria inicial e enxágue com água quente.

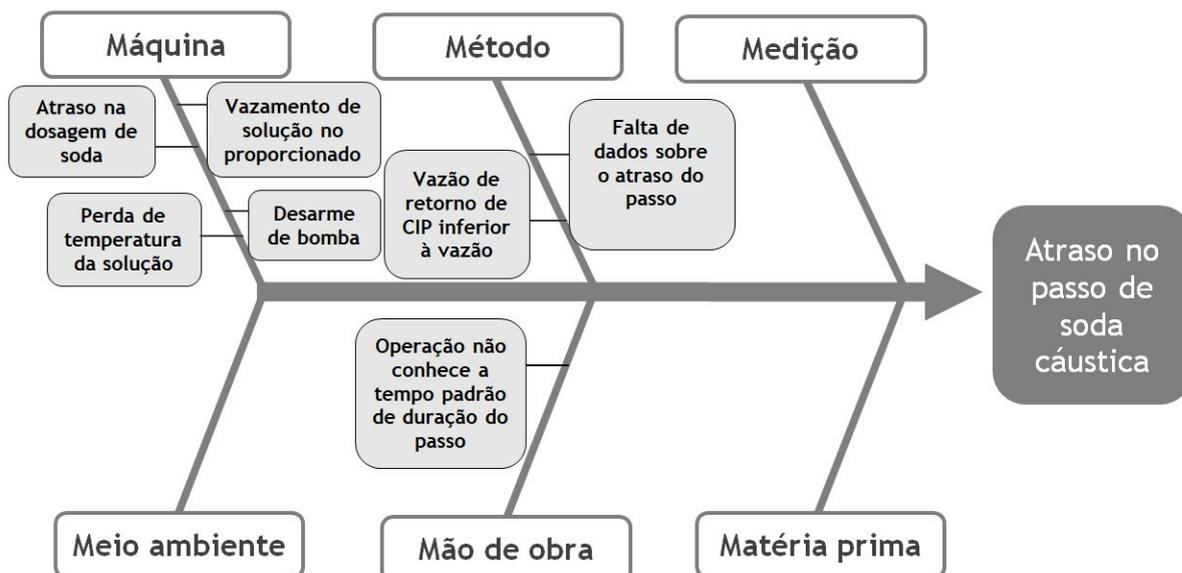
Figura 8 – Diagrama de Pareto para os atraso nos passos de CIP automático



Fonte: elaborado pelo autor.

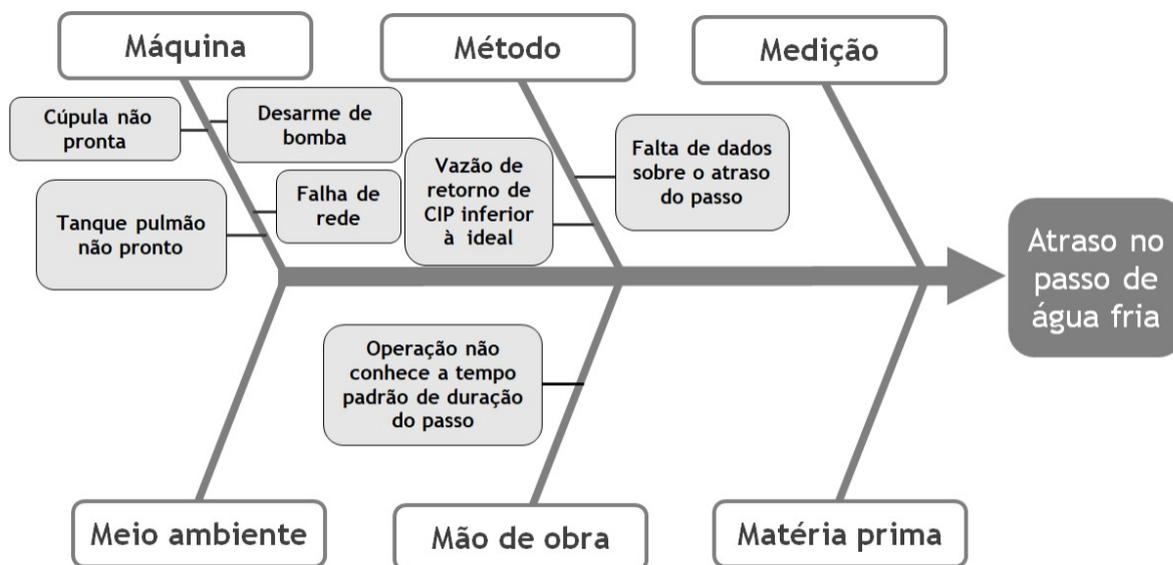
Dessa forma, foi possível montar os diagramas de Ishikawa, no qual foram listadas as principais causas para o alto tempo médio de cada um dos três passos (Figuras 9, 10 e 11)

Figura 9 – Diagrama de Ishikawa para o atraso no passo de soda cáustica



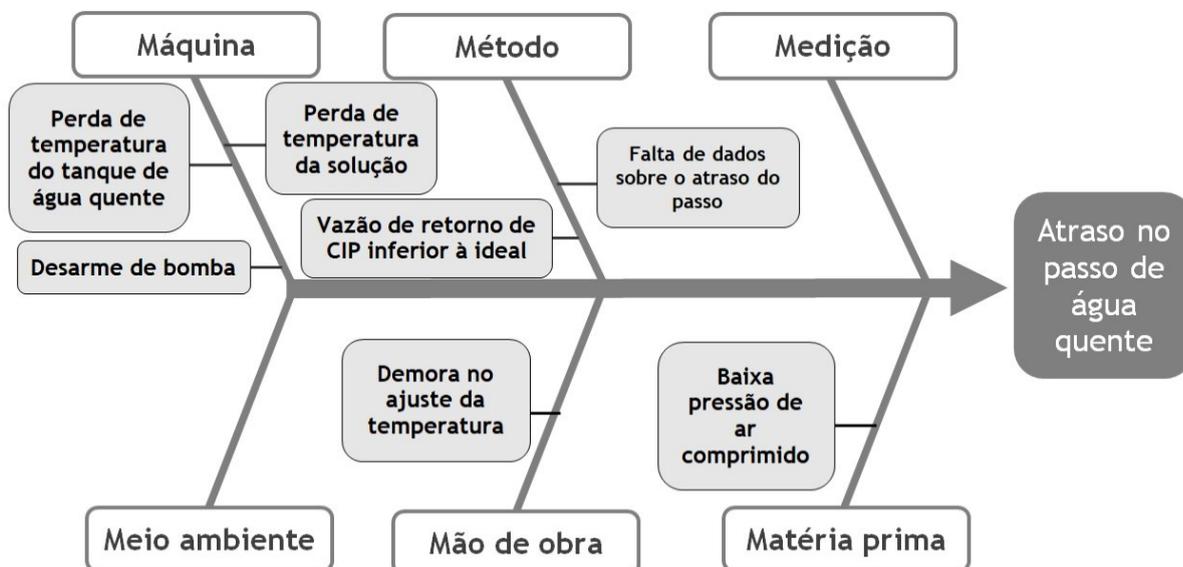
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 10 – Diagrama de Ishikawa para o atraso no passo de água fria



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 11 – Diagrama de Ishikawa para o atraso no passo de água quente



Fonte: elaborado pelo autor.

No contexto do diagrama de Ishikawa referente aos atrasos nos passos de soda cáustica (Figura 9), foram identificadas causas relacionadas à máquina, ao método e à mão de obra. No que diz respeito à máquina, evidenciaram-se a demora na dosagem da soda cáustica, a perda de temperatura da solução, o desarme da bomba e o vazamento de solução no proporcionador.

Na esfera do método, foram observados problemas como a vazão de retorno do CIP inferior à ideal e a ausência de dados relacionados ao atraso no passo do processo. Quanto à mão de obra, constatou-se que a equipe de operação não possui conhecimento adequado sobre o Tempo Médio de Processo (TMP) do CIP.

Analogamente, ao abordar os atrasos nos passos de água fria (Figura 10), identificaram-se causas similares associadas à máquina, ao método e à mão de obra. No âmbito da máquina, destacaram-se falhas como a falta de rede, desarme de bomba, cúpula não pronta e tanque pulmão não pronto. Quanto ao método, as causas incluíram a vazão de retorno do CIP inferior à ideal e a falta de dados sobre o atraso no passo. Em relação à mão de obra, foi constatada a falta de conhecimento adequado sobre o TMP do CIP.

No que concerne ao atraso no passo de água quente (Figura 11), também foram identificadas causas relacionadas à máquina, ao método, à mão de obra e à matéria-prima. Em termos de máquina, as falhas incluíram o desarme da bomba, a perda de temperatura da solução e a perda de temperatura do tanque de água quente. No método, destacaram-se a vazão de retorno do CIP inferior à ideal e a falta de dados sobre o atraso no passo. Quanto à mão de obra, observou-se demora no ajuste da temperatura da solução. Em relação à matéria-prima, foi notada baixa pressão de ar comprimido.

Destacam-se, entre as causas, a perda de temperatura da solução, os desarmes das bombas, a vazão de retorno da solução inadequada e a falta de dados sobre os atrasos. Esses problemas são recorrentes nos três passos, o que implica um potencial impacto maior no tempo médio do processo.

Uma vez identificadas as principais causas para os atrasos no processo, partiu-se para a priorização das causas por meio da matriz GUT representada na Tabela 4.

Tabela 4 – Matriz GUT das principais causas de atraso do CIP automático

<b>Problemas</b>	<b>G</b>	<b>U</b>	<b>T</b>	<b>GUT</b>	<b>Nº</b>
Falta de dados sobre o atraso no passo	5	4	3	60	1º
Desarme de bombas	4	3	4	48	2º
Vazamento de solução no proporcionador	5	3	3	45	3º
Tanque pulmão não pronto	3	3	4	36	4º
Perda de temperatura da solução	3	3	4	36	5º
Vazão de retorno de CIP inferior a 1,5 m/s	5	3	2	30	6º
Atraso na dosagem de soda cáustica	2	2	4	16	7º
Operação não conhece os tempos padrões	4	2	2	16	8º
Falha de rede	3	2	2	12	9º
Cúpula não pronta	2	2	3	12	10º
Demora no ajuste da temperatura	2	2	2	8	11º
Perda de temperatura do tanque de água quente	2	2	2	8	12º
Baixa pressão de ar comprimido	2	1	1	2	13º

Fonte: elaborado pelo autor.

Para identificar as causas raízes por meio dos 5 porquês, foram priorizadas as causas cujo fator GUT foi igual ou maior a 30. Em seguida, realizou-se a investigação por meio dos 5 porquês, conforme mostrado no quadro 1.

Quadro 1 – 5 porquês para as seis causas priorizadas.

<b>Passo relacionado</b>	<b>Nº</b>	<b>5 Porquês</b>
Enxágue com água fria, com soda e com água quente	1	1º Falta de dados sobre atraso do passo 2º Baixa quantidade de investigações 3º Falhas não sobem automaticamente pro sistema de investigação de problemas 4º Gatilho para subir falhas não configurado 5º Falha na priorização da atividade de configuração dos gatilhos de investigação
Enxágue com água fria, com soda e com água quente	2	1º Desarme de bomba 2º Bomba em curto circuito 3º Presença de umidade no interior da bobina 4º Degradação do material isolante 5º Falta de plano de inspeção
Enxágue com soda	3	1º Vazamento de solução no proporcionador 2º União da tubulação do proporcionador folgada 3º Excesso de vibração 4º Golpes nas tubulação durante o processo de produção 5º Falta de um plano de inspeção mensal de reaperto das conexões
Enxágue com água fria	4	1º Tanque pulmão não pronto 2º Leitura do sensor de nível aponta que o tanque não esvaziou 3º Leitura incorreta, pois toda a solução já foi para o dreno 4º Sensor avariado, ocasionando erro de leitura 5º Falha no plano de manutenção de troca mandatária do equipamento
Enxágue com água quente	5	1º Perda de temperatura da solução 2º Presença de vazamento pelas canecas de vedação 3º Canecas de vedação danificadas 4º Desgaste natural 5º Falha no cumprimento do plano de manutenção
Enxágue com soda	6	1º Vazão de retorno de CIP inferior à vazão ideal (1,5 m/s) 2º Pressão da bomba de CIP abaixo da especificação 3º Bomba não configurada para operar a 100% da capacidade 4º Falha na configuração do programa de CIP 5º Programa antigo, obsoleto para o sistema CIP atual

Fonte: elaborado pelo autor.

Percebe-se que as causas raízes dos problemas detectados no processo de CIP automático estão relacionados a falha na priorização da atividade de configuração dos gatilhos de investigação, falta de plano de inspeção das bombas do proporcionador, falta de plano de inspeção e reaperto para as tubulações, falha no cumprimento do plano de troca do sensor de nível, falha no cumprimento do plano de troca das canecas de vedação, e utilização de um programa antigo para o sistema CIP atual.

Uma vez identificadas as causas raízes, foi possível traçar ações corretivas e preventivas para os problemas encontrados, por meio de uma matriz 5W2H, resultando no plano de ação descrito no Quadro 2.

Quadro 2 – Plano de ação 5W2H.

WHAT (O QUÊ)	WHY (POR QUE)	WHERE (ONDE)	WHO (QUEM)	WHEN (QUANDO)	HOW (COMO)	HOW MUCH (QUANTO)
1-Criar ocorrência automática de falha em caso de atraso de CIP	Aumentar o número de investigações	Estação de CIP	Técnico de automação	novembro, 2023	Criando lógica no sistema de acompanhamento do de CIP	R\$ 400,00
1-Criar plano de reação para atrasos em cada passo	Ajudar a operação a reagir rapidamente em caso de falha	ERP	Supervisor de manutenção	outubro, 2023	Inserindo no sistema de investigação de problemas as possíveis falhas e suas respectivas soluções	R\$ 200,00
2-Criar plano de inspeção das bombas e motores do proporcionador	Garantir a integridade dos equipamentos, evitando falhas futuras	ERP	Supervisor de manutenção	fevereiro, 2024	Criando o procedimento de inspeção, valorizando o plano e abrindo chamado para	R\$ 9.000,00
3-Criar inspeção e reaperto semanal das tubulações via sistema de manutenção autônoma	Evitar vazamentos de solução	Proporcionador	Supervisor de produção	setembro, 2023	Criando procedimento, treinando a operação e cadastrando atividade no sistema de manutenção autônoma	R\$ 250,00
4-Criar plano de manutenção para a troca periódica do sensor de nível	Evitar atrasos decorridos de leitura incorreta	Proporcionador	Supervisor de produção	setembro, 2023	Criando procedimento, treinando a operação e cadastrando atividade no sistema de atividades	R\$ 2.300,00
5-Criar plano de manutenção para a troca periódica das canecas de vedação	Evitar vazamentos de solução	Enchedora	Supervisor de manutenção	março, 2024	Criando o plano de troca, valorizando o plano e abrindo chamado para aprovação	R\$ 25.600,00
6-Realizar upgrade do programa de CIP	Garantir o funcionamento do sistema dentro das especificações	Estação de CIP	Técnico de automação	novembro, 2023	Realizando testes de variação da vazão conforme alternância de parâmetros da bomba e padronizando no sistema	R\$ 800,00

Fonte: elaborado pelo autor.

Observa-se que as ações necessárias estão relacionadas à criação automática de ocorrências em caso de atraso no processo de CIP, à elaboração de um plano de reação para esses atrasos, ao desenvolvimento de planos de inspeção e manutenção dos componentes, e à atualização do programa de CIP. As ações que envolvem a criação automática de ocorrências em caso de atraso no processo de CIP, juntamente com o estabelecimento de um plano de reação para essas situações, estão diretamente associadas ao aprimoramento da base de dados do processo. Essas medidas visam facilitar a investigação, identificação e rápida resolução das causas raízes das falhas que resultam em atrasos.

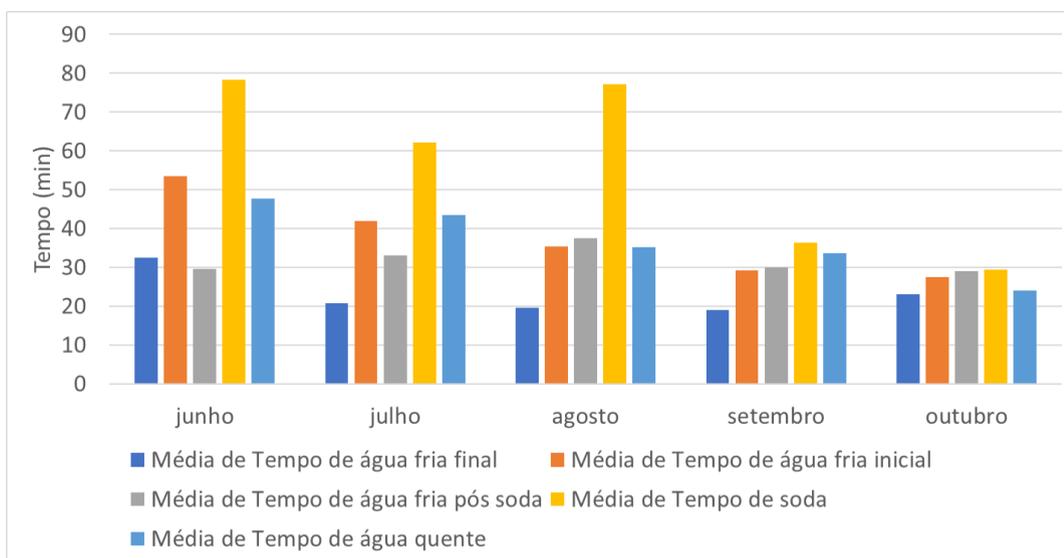
Por outro lado, as iniciativas de desenvolvimento de um plano de manutenção para bombas, motores do proporcionalador, tubulações, sensores de nível e canecas de vedação foram definidas com o intuito de agir de maneira preventiva. Essas ações têm como objetivo mitigar falhas que poderiam resultar na indisponibilidade desses componentes, contribuindo assim para a confiabilidade e eficiência do sistema.

Adicionalmente, a ação de realizar o *upgrade* do programa de CIP é direcionada para assegurar que o sistema opere de acordo com todos os parâmetros estabelecidos, tais como turbulência, tempo de contato, concentração e temperatura. Este aprimoramento tem como propósito otimizar o desempenho do processo, promovendo uma execução mais precisa e alinhada com as especificações requeridas.

Certas ações dependem de investimentos em ativos de capital (CAPEX), como a aplicação do plano de manutenção para a troca das canecas de vedação e para a troca dos componentes das bombas e não puderam ser concretizadas até a conclusão deste estudo. Em contrapartida, a execução de algumas ações como a criação automática das ocorrências de atraso e seu respectivo plano de reação, a criação da atividade de inspeção e reaperto das tubulações, a troca do sensor de nível e a atualização do programa de CIP já foram realizadas, permitindo observar resultados positivos neste contexto de pesquisa científica.

A Figura 12 mostra o tempo médio de duração da etapa de CIP automático nos meses em que foram levantados os dados do estudo (Junho, Julho e Agosto) e nos meses de Setembro e Outubro, após a implementação das ações. Percebe-se que houve uma diminuição nos tempos de cada passo nos últimos dois meses.

Figura 12 – Média de tempo dos passos da etapa de CIP automático



Fonte: elaborado pelo autor.

A diminuição nos tempos de cada passo da etapa de CIP automático gerou impactos expressivos no tempo médio da etapa de CIP automático, que caiu para 133,33 minutos em outubro, diminuindo o atraso na etapa para 43,36 minutos (Tabela 5).

Tabela 5 – Atraso médio na etapa CIP automático ao longo dos meses

Mês	Tempo médio	Meta	Atraso na etapa
Junho	241,29	90	151,29
Julho	190,33	90	100,33
Agosto	213,29	90	123,29
Setembro	148	90	58,86
Outubro	133,33	90	43,36

Fonte: elaborada pelo autor.

Embora a meta ainda não tenha sido alcançada, observa-se uma relevante redução no tempo médio da etapa de CIP automático. É esperado que, à medida que as demais ações forem implementadas, os tempos continuem a diminuir, culminando no alcance da meta estabelecida.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos e nas ações implementadas no decorrer desta pesquisa científica, é possível derivar conclusões relevantes para aprimorar a eficiência do processo de CIP Alcalino na companhia. Inicialmente, a análise dos padrões de tempo médio revelou que o tempo ideal para o processo não deveria exceder 3 horas (180 minutos), enquanto os dados observados nos meses de junho a agosto indicaram uma discrepância considerável em relação a essa meta.

A observação dos problemas revelou que o tempo total de atraso de CIP nesses três meses atingiu 5892 minutos, levando em média 491,33 minutos e totalizando um equivalente a 98,2 horas, impactando significativamente o desempenho da linha de produção. O mapeamento do processo destacou o CIP automático como a fase com o maior atraso, totalizando 96 minutos. Aprofundando essa análise, identificou-se que os passos de enxágue com soda, enxágue de água fria inicial e enxágue com água quente contribuíram significativamente para esse atraso, representando 78% do total.

Os diagramas de Ishikawa foram elaborados para cada passo crítico, revelando as principais causas raízes dos atrasos. A matriz GUT foi aplicada para priorizar as causas, e a investigação por meio dos 5 porquês proporcionou uma compreensão mais profunda dos problemas identificados. A implementação de ações corretivas e preventivas, embora algumas dependentes de investimentos em ativos de capital (CAPEX), demonstrou impacto positivo nos resultados.

A aplicação das ações resultou em uma redução nos tempos de cada passo da etapa de CIP automático, fazendo com que o tempo médio de duração da etapa, que em agosto era de 241,29, apresentasse queda contínua durante o período de implementação das ações, até chegar 133,33 minutos em outubro, evidenciando o

sucesso das ações implementadas. Além disso, espera-se que as ações de treinamento e planos de manutenção também contribuíram para a diminuição do tempo da etapa de pós CIP, trazendo um ganho para o processo como um todo.

No entanto, é importante ressaltar que algumas ações planejadas, especialmente aquelas que requerem investimentos em ativos de capital, ainda não foram concretizadas até o término deste estudo. Portanto, recomenda-se a continuidade do acompanhamento e implementação das ações planejadas e a análise das demais etapas do processo (pré CIP e pós CIP) para alcançar melhorias contínuas no processo de CIP Alcalino.

## REFERÊNCIAS

- ABPMP. BPM CBOOK: Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio. Corpo Comum do Conhecimento – ABPMP BPM CBOOK V4.0, Association of Business Process Management Professionals, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE ALIMENTAÇÃO (ABIA). A indústria de alimentos e bebidas é a maior do Brasil. Disponível em: <https://www.abia.org.br/vsn/temp/z202329INFOGRAFICO.pdf> . Acesso em: 22 jun. 2023.
- BARBOSA, Teresa Joana Anjos et al. Otimização de sistemas CIP. 2010.
- BIAZZO, Stefano. Approaches to business process analysis: a review. **Business process management journal**, v. 6, n. 2, p. 99-112, 2000.
- CAMPOS, Vicente Falconi. TQC-Controle da Qualidade Total no estilo japonês. Falconi Editora, 2014.
- CARVALHO, Marly Monteiro de; PALADINI, Edson Pacheco. Gestão da qualidade: teoria e casos. 2012.
- DAYCHOUM, M.. 40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento. Rio de Janeiro: Brasport, 2011.
- ECOLIFE QUÍMICA BRASIL. Ciclo de Sinner: como influencia na limpeza. Disponível em: <https://ecolifequimicabrasil.com.br/ciclo-de-sinner-como-influencia-na-limpeza/> .Acesso em: 21 jun. 2023.
- FEIGENBAUM, Armand V. Total quality control. **New York**, 1991.
- FERREIRA, Deisemara; MORABITO, Reinaldo; RANGEL, Socorro. Estratégias relax and fix na solução de um problema de dimensionamento e sequenciamento da produção de refrigerantes. **Anais do XXXVIII SBPO**, 2006.
- FORNI, Renato. Projeto mecânico de um sistema de higienização CIP (Cleaning in Place). **Departamento de Engenharia Mecânica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo**, 2007.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. Editora Atlas SA, 2008.

HENRIQUES, LÁUDIO MAIEROVITCH PESSANHA. RESOLUÇÃO N 216, DE 15 DE SETEMBRO DE 2004.

JOHNSTON, Robert; CLARK, Graham. Administração de operações de serviço. São Paulo: Atlas, 2002.

MONTGOMERY, Douglas C. **Introdução Ao Controle Estatístico Da Qualidade** . Grupo Gen-LTC, 2000.

OHNO, Taiichi. O sistema Toyota de produção além da produção. Bookman, 1997.

PEREIRA, Vanessa Sousa. Análise de um sistema de bombeamento para limpeza e desinfecção clean in place em uma indústria de cerveja. 2021.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. Editora Feevale, 2013.

SEIBERLING, Dale A. Clean-in-Place for biopharmaceutical processes. CRC Press, 2007.

TAMIME, Adnan. **Cleaning-in-place: dairy, food and beverage operations**. Blackwell Publishing, 2008.

TROLLER, John A. **Sanitation in food processing**. Academic Press, 2012.

VON RYBINSKI, Wolfgang. Physical aspects of cleaning processes. **Handbook for cleaning/decontamination of surfaces**, v. 1, p. 1-55, 2007.

WEISS, A.E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2011

WERKEMA, Cristina. **Criando a cultura lean seis sigma**. Elsevier Brasil, 2012.

WERKEMA, M. C. C. **As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. Vol. 1. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1995.