

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**

**Andrey Jhonathan Langanke de Lima  
Cauê Lima Maximiano**

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS SIX  
SIGMA PARA OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS DE  
FABRICAÇÃO EM INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS:  
Um estudo de caso único**

**Taubaté - SP  
2023**

**Andrey Jhonathan Langanke de Lima  
Cauê Lima Maximiano**

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS SIX SIGMA  
PARA OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS DE  
FABRICAÇÃO EM INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS:  
Um estudo de caso único**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Me. Paulo Cesar  
Corrêa Lindgren

Coorientadora: Prof<sup>ª</sup>. Me. Maria Regina  
Hidalgo de Oliveira Lindgren

**Taubaté – SP**

**2023**

**Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI  
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi  
Universidade de Taubaté - Unitau**

L732i Lima, Andrey Jhonathan Langanke de  
Implementação de ferramentas six sigma para otimização de processos  
de fabricação em indústrias alimentícias / Andrey Jhonathan Langanke de  
Lima, Cauê Lima Maximiano. -- 2023.  
42 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de  
Engenharia Mecânica e Elétrica, 2023.  
Orientação: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren, Departamento de  
Engenharia Mecânica.  
Coorientação: Prof. Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren,  
Departamento de Engenharia Mecânica.

1. DMAIC. 2. Six sigma. 3. Metodologia 5S. 4. Diagrama de causa  
efeito. 5. Indústrias de alimentos. I. Universidade de Taubaté.  
Departamento de Engenharia Mecânica. Graduação em Engenharia de  
Produção Mecânica. II. Maximiano, Cauê Lima.

CDD – 658.5

**Andrey Jhonathan Langanke de Lima**  
**Cauê Lima Maximiano**

**IMPLEMENTAÇÃO DE FERRAMENTAS SIX SIGMA PARA  
OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS DE FABRICAÇÃO EM  
INDÚSTRIAS ALIMENTÍCIAS:  
Um estudo de caso único**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO APROVADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “**GRADUADO EM  
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA**”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

---

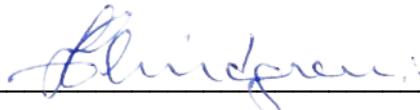
Prof. Msc. FÁBIO HENRIQUE FONSECA SANTEJANI  
Coordenador de Trabalho de Graduação

**BANCA EXAMINADORA:**



---

Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



---

Prof<sup>ª</sup>. Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ



---

Prof. Me. Pedro Marcelo Alves Ferreira Pinto  
UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

06 de dezembro de 2023

Dedico este trabalho aos meus entes queridos e aos amigos pela paciência e aos meus professores que foram essenciais na minha trajetória até o momento.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar eu Andrey Jhonathan Langanke de Lima agradeço minha esposa e minha família por ter me apoiado nesse processo e sempre acredito em mim.

Eu primeiro lugar eu Cauê Lima Maximiano agradeço minha namorada e meus pais, que sempre incentivaram nos estudos e acreditaram em meu potencial.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que ofereceu seu ambiente, seus recursos e profissionais capacitados que contribuíram para minha formação acadêmica.

Ao meu orientador, Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren, por toda a motivação, incentivo, atenção e troca de conhecimentos que foram essenciais na orientação deste trabalho.

À professora coorientadora, Profa. Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren, e ao professor convidado, Prof. Me. Pedro Marcelo Alves Ferreira Pinto, por aceitarem de prontidão a compor a banca examinadora e por agregarem conhecimentos importantes para meu desenvolvimento profissional.

## RESUMO

Este trabalho descreve a realização de um estudo de caso com o intuito de implementar medidas de controle de perdas em uma fábrica alimentícia. Durante a análise do processo de fabricação, foi identificado um significativo desperdício de matéria-prima e tempo graças às reconhecidas ferramentas, como o DMAIC e o Six Sigma, em conjunto com recomendações específicas. O DMAIC, representando as etapas Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, foi empregado para estruturar e guiar a abordagem de melhoria contínua. Além disso, foram aplicadas diversas ferramentas de Six Sigma, incluindo o Diagrama de Causa e Efeito para identificar as raízes dos problemas, a padronização do trabalho para estabelecer procedimentos consistentes, o gráfico de Pareto para priorizar questões críticas, e a metodologia 5S para promover organização e eficiência no ambiente de trabalho. O objetivo final deste trabalho foi a redução substancial das perdas, aprimoramento da qualidade do produto e aumento da eficiência global do processo. Obteve-se, também, uma redução no tempo despendido na produção como resultado das melhorias implementadas. A abordagem adotada visa não apenas corrigir as questões identificadas, mas também estabelecer uma cultura de melhoria contínua que sustente o sucesso a longo prazo desta fábrica alimentícia.

**Palavras-chave:** DMAIC. Six Sigma. Metodologia 5S. Diagrama de causa e Efeito. Indústria de alimentos.

## **ABSTRACT**

The project proposes to conduct a case study with the aim of implementing loss control measures in a food factory. During the analysis of the manufacturing process, a significant waste of raw materials and time due to rework was identified. To address these issues, the project will utilize recognized tools such as DMAIC and Six Sigma, along with specific recommendations. DMAIC, representing the Define, Measure, Analyze, Improve, and Control stages, will be employed to structure and guide the continuous improvement approach. In addition, various Six Sigma tools will be applied, including the Cause and Effect Diagram to identify the roots of problems, Standard Work to establish consistent procedures, the Pareto Chart to prioritize critical issues, and the 5S Methodology to promote organization and efficiency in the workplace. The ultimate goal of this project is a substantial reduction in losses, enhancement of product quality, and an overall increase in process efficiency. It is also anticipated that there will be a reduction in the time spent on production as a result of the implemented improvements. The adopted approach aims not only to address identified issues but also to establish a culture of continuous improvement that sustains the long-term success of the food factory.

**KEYWORDS:** DMAIC. Six Sigma. 5S Methodology. Cause and effect diagram. Food industry.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estratégia Seis Sigma.....	18
Figura 2 – Gráfico de Pareto.....	21
Figura 3 – Exemplo de diagrama de Causa e Efeito.....	22
Figura 4 – Ilustração de um Histograma.....	24
Figura 5 – Ferramenta 5W1H.....	25
Figura 6 – Classificações da pesquisa.....	26
Figura 7 – Método do trabalho.....	26
Figura 8 – Fluxograma do processo produtivo do <i>waffer</i> .....	28
Figura 9 – Gráfico de Pareto para os problemas.....	31
Figura 10 – Histograma do processo de embutimento.....	32
Figura 11 – Nível sigma do processo.....	33
Figura 12 – Diagrama de Causa e Efeito.....	34
Figura 13 – Plano de ação 5W1H.....	35
Figura 14 – Teste de Normalidade.....	37
Figura 15 – Histograma após o controle emergencial.....	37
Figura 16 – Variação do peso dentro dos limites de especificação.....	38

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Impacto do nível sigma ( $\sigma$ ) para a organização .....	19
Quadro 2 – Principais problemas e frequência de ocorrência. ....	29
Quadro 3 – Custo unitário de reprocesso por problema.....	30

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**DMAIC** *Define, Measure, Analyse, Improve, Control* (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar)

# Sumário

1.	INTRODUÇÃO .....	13
1.1.	Objetivos.....	14
1.1.1.	Objetivo Geral.....	14
1.1.2.	Objetivo Específico.....	14
1.2.	Delimitação do estudo.....	15
1.3.	Relevância do estudo.....	15
1.4.	Organização do trabalho .....	15
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
2.1.	Histórico da metodologia Seis Sigma.....	16
2.2.	Seis Sigma .....	17
2.3.	Modelo DMAIC .....	19
2.4.	Ferramentas para análise em projetos Six Sigma.....	20
2.4.1.	Gráfico de Pareto.....	21
2.4.2.	Diagrama de Causa e Efeito.....	22
2.4.3.	<i>Brainstorming</i> .....	23
2.4.4.	Histograma .....	23
2.4.5.	5W1H.....	24
3.	METODOLOGIA.....	25
3.1.	Estudo de Caso.....	26
4.	EMPRESA.....	27
4.1.	Etapas do Modelo DMAIC .....	27
4.1.1.	Define .....	27
4.1.2.	Measure.....	31
4.1.3.	Analyze.....	33
4.1.4.	Improve.....	35
4.1.4.1.	Manutenção Emergencial.....	35
4.1.5.	Control.....	36
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	36
6.	CONCLUSÃO.....	39

## 1. INTRODUÇÃO

O contexto empresarial em um mundo globalizado, aliado ao surgimento de novas tecnologias, demanda uma maior competitividade por parte das indústrias. Essa pressão impulsiona as empresas a buscarem aprimoramento nos processos de produção, a redução de desperdícios e custos, e o refinamento das estratégias de vendas para assegurar tanto a sobrevivência no mercado quanto o alcance dos objetivos estabelecidos. No esforço para atender às exigências do mercado, as organizações têm ampliado significativamente o conceito de qualidade como um fator crucial para a competitividade. A gestão da qualidade, nesse contexto, emerge como uma ferramenta essencial, possibilitando melhorias nos processos e produtos, resultando em resultados mais eficazes.

Dentro desse panorama, destaca-se a indústria alimentícia, especialmente o segmento de alimentos processados derivados de carne suína e bovina. A volatilidade nos preços da matéria-prima in natura neste setor resulta em flutuações substanciais nos custos dos produtos. Diante desse cenário, torna-se imperativo concentrar esforços na melhoria da qualidade do produto e nos processos produtivos. A busca incessante pela melhoria dos processos é fundamental, enfatizando não apenas o impacto individual de cada aprimoramento no sistema, mas, sobretudo, a mentalidade contínua de busca por melhorias.

Diversas metodologias e ferramentas estão disponíveis para auxiliar os gestores na busca por níveis cada vez mais elevados de qualidade. O modelo Seis Sigma surge como uma metodologia significativa, visando aprimorar os processos para obter ganhos financeiros e de qualidade dos produtos, enquanto reduz custos e aumenta a eficiência produtiva. As ferramentas empregadas nessa abordagem são semelhantes às utilizadas em sistemas de qualidade convencionais, mas um projeto Seis Sigma bem estruturado tem a capacidade de proporcionar resultados ampliados, uma vez que os objetivos de melhoria estão diretamente ligados às metas financeiras da empresa.

O reprocessamento de produtos, sejam acabados ou não, representa um impacto significativo nos custos de qualquer indústria, especialmente aquelas de grande porte, com múltiplos setores e uma ampla gama de produtos. Nesse contexto, a metodologia Seis Sigma emerge como uma ferramenta crucial na redução de

desperdícios e corte de custos associados ao reprocesso. No entanto, o sucesso na aplicação do Seis Sigma exige o suporte de várias partes da organização, uma vez que essa metodologia demanda recursos humanos e financeiros em direção aos objetivos estabelecidos. Assim, independentemente do porte da empresa, é essencial envolver toda a organização e escolher adequadamente a equipe responsável pelo gerenciamento das atividades.

Além disso, é crucial demonstrar que os resultados são alcançáveis e que a melhoria da qualidade, a redução de custos e o aumento da produtividade podem trazer benefícios abrangentes para a organização e seus colaboradores. Portanto, é necessário promover uma mudança na percepção da qualidade, especialmente entre os colaboradores do chão de fábrica, que desempenham um papel direto nas operações de produção. Culturalmente, há uma motivação limitada e pouca autonomia para a resolução de problemas nesse nível, e, portanto, é fundamental promover uma mudança cultural.

O objetivo central deste trabalho é aplicar a metodologia Seis Sigma para reduzir o reprocesso em uma indústria de alimentos processados. O estudo será conduzido por meio de um estudo de caso, utilizando o modelo DMAIC como ferramenta para solucionar o problema identificado e, ao mesmo tempo, promover uma mudança cultural em relação à qualidade no setor.

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1. Objetivo Geral**

O objetivo geral deste estudo é implementar medidas de controle de perdas em uma fábrica alimentícia, utilizando as metodologias DMAIC e Six Sigma, visando a redução substancial de desperdícios de matéria-prima e tempo durante o processo de fabricação.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

Identificar e quantificar as fontes de perdas na produção da fábrica alimentícia.

Aplicar ferramentas DMAIC e Six Sigma para analisar e melhorar os processos de fabricação.

Implementar o Diagrama de Causa e Efeito para identificar causas raiz dos desperdícios.

Estabelecer a Padronização do Trabalho para garantir procedimentos consistentes.

Utilizar o Gráfico de Pareto para priorizar e abordar as questões críticas.

Aplicar a Metodologia 5S para promover organização e eficiência no ambiente de trabalho.

Alcançar uma redução significativa no tempo gasto na produção como resultado das melhorias implementadas.

## **1.2 Delimitação do estudo**

Este estudo concentra-se especificamente na análise e melhoria dos processos de fabricação em uma fábrica alimentícia. A delimitação inclui a identificação e redução de perdas de matéria-prima e tempo, excluindo considerações de outras áreas não relacionadas diretamente ao controle de perdas no ambiente fabril.

## **1.3 Relevância do estudo**

O estudo é relevante no contexto da indústria alimentícia, onde a eficiência operacional e a minimização de perdas são cruciais para a competitividade. A implementação bem-sucedida das metodologias propostas pode resultar em melhorias substanciais na qualidade do produto, eficiência operacional e, conseqüentemente, na rentabilidade da fábrica.

## **1.4 Organização do trabalho**

O trabalho está organizado em seções distintas. A introdução apresenta o contexto e os objetivos do estudo. A revisão de literatura destaca as metodologias DMAIC e Six Sigma. A metodologia descreve os passos adotados para atingir os objetivos. Os resultados apresentam as descobertas do estudo. A discussão analisa

os resultados, enquanto a conclusão resume as principais conclusões e sugere direções para futuras pesquisas.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Histórico da metodologia Seis Sigma**

Na década de 1970, durante a crise dos combustíveis nos Estados Unidos, o conceito de qualidade começou a ser impulsionado pela necessidade de os produtos americanos alcançarem padrões superiores aos dos japoneses, que até então dominavam o mercado consumidor (ECKES, 2001). O autor destaca que os japoneses adotavam uma metodologia de trabalho diferente dos americanos, valorizando a qualidade em todas as etapas do processo, enquanto os americanos praticavam a inspeção apenas no final da linha de produção. Como resposta a essa disparidade, várias empresas americanas buscaram no Japão métodos de produção que asseguravam produtos de qualidade superior e uma produtividade crescente.

Em 1985, a empresa americana Motorola iniciou o programa Seis Sigma ao analisar seus processos e identificar uma considerável variabilidade no processo produtivo, resultando em custos significativos para a organização. Bob Galvin, um dos pioneiros do Seis Sigma na Motorola, relatou a criação do programa em uma reunião de executivos. Art Sundry, diretor da área de rádios bidirecionais, declarou: "Nossa qualidade é nojenta". Apesar de deter 85% do market share mundial e experimentar um crescimento de dois dígitos, os diretores levaram a sério a observação de Sundry. Rapidamente, perceberam que controlar a variação na produção poderia resultar em um nível Seis Sigma, atingindo 3,4 defeitos por milhão de oportunidades. O termo foi cunhado e ganhou aceitação prática, pois as pessoas compreendiam que, ao controlar a variação, resultados notáveis poderiam ser alcançados (MANAGEMENT, 2006).

A partir desse momento, o programa Seis Sigma consolidou-se na Motorola e, em pouco tempo, foi adotado por outras empresas que reconheceram que a variabilidade do processo acarretava custos significativos de produção. Tornou-se evidente que atender simplesmente às especificações dos produtos não era suficiente, e a metodologia Seis Sigma passou a ser amplamente utilizada como uma

abordagem eficaz para controlar a variação e obter resultados notáveis em termos de qualidade e eficiência.

## **2.2 Seis Sigma**

A metodologia Seis Sigma refere-se a uma abordagem composta por um conjunto de práticas voltadas para a melhoria contínua de um processo ou produto. Não se limita apenas a um conceito estatístico de controle de processo, mas também representa uma filosofia que as empresas podem adotar visando a redução de custos nos processos produtivos. Em uma perspectiva mais abrangente, busca sistematizar a obtenção de resultados positivos na produtividade e eficiência da empresa (BETTS et al., 2013).

Segundo Harry (1998), o Seis Sigma pode ser considerado uma ferramenta gerencial para melhorias nos processos, produtos e até mesmo serviços. Werkema (2014) complementa essa visão ao descrever o Seis Sigma como uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, cujo objetivo é aumentar significativamente a performance e a lucratividade das empresas. Isso é alcançado por meio da qualidade de produtos e processos, bem como do aumento da satisfação de clientes e consumidores.

Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar expressivamente a performance e a lucratividade das empresas, por meio da qualidade de produtos e processos e do aumento da satisfação de clientes e consumidores.

Werkema destaca que essa metodologia implica em uma mudança cultural em relação à qualidade nos processos e produtos, transcendendo o mero modelo de métodos estatísticos para se tornar uma filosofia de busca pela melhoria contínua. O modelo piramidal baseia-se em dados numéricos e estatísticos, exigindo o apoio da alta direção para atingir os resultados desejados (NICOLETTI JÚNIOR, 2007, p.15).

**Figura 1 – Estratégia Seis Sigma**

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023)

O nome "Seis Sigma" é derivado do desvio padrão de um processo, representando a capacidade produtiva e a habilidade de produzir peças sem defeitos (KLEFSJO, 2001). O nível sigma ( $\sigma$ ) pode também ser expresso em termos de "Defeitos Por Milhão de Oportunidades (DPMO)", conforme Bets et al. (2013), onde o aumento do nível sigma resulta em maior conformidade, redução de defeitos e menor custo relacionado à não qualidade.

O modelo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) é amplamente utilizado nas equipes envolvidas na metodologia Seis Sigma para orientar a implementação do projeto e promover maior organização durante a execução (WERKEMA, 2014). Conforme Harry (1998), o Seis Sigma é uma ferramenta gerencial valiosa, aplicável tanto a melhorias em processos e produtos quanto em serviços.

**Quadro 1** – Impacto do nível sigma  $\sigma$  para a organização

Nível ( $\sigma$ ) de Qualidade	Conformidade (%)	Defeitos por Milhão	Custo da Não Qualidade (% faturamento da empresa)
Dois sigma	69,15	308.537	-
Três sigma	93,32	66.807	25 a 40
Quatro sigma	99,379	6.210	15 a 25
Cinco sigma	99,9767	233	5 a 15
Seis sigma	99,99966	3,4	<1

**Fonte:** Werkema (2014)

Em resumo, a metodologia Seis Sigma não apenas engloba técnicas estatísticas, mas transcende para uma abordagem abrangente de gestão voltada para a excelência, envolvendo uma mudança cultural e o comprometimento de toda a organização na busca pela melhoria contínua. O modelo DMAIC serve como uma ferramenta eficaz para guiar a implementação dos projetos e garantir a consecução dos objetivos estabelecidos.

## 2.3 Modelo DMAIC

De acordo com Santos e Martins (2003), o modelo DMAIC oferece uma abordagem lógica e eficaz para a execução de projetos Seis Sigma, simplificando o gerenciamento das iniciativas. Composto por cinco fases, esse modelo orienta o projeto na busca pelos objetivos e metas estabelecidos pelas equipes responsáveis. Cada etapa possui atividades claramente definidas e utiliza a estratégia breakthrough, que implica no particionamento do processo para viabilizar melhorias.

Conforme Statamatis (2004), as cinco etapas do modelo DMAIC são as seguintes: *Define* (Definir): Esta é a primeira etapa de um projeto Seis Sigma, onde é crucial definir de maneira clara qual é o problema a ser resolvido ou eliminado do processo. Além disso, nessa fase, são estabelecidas as equipes e o escopo do projeto.

*Measure* (Mensurar): Nesta etapa, são determinadas as variáveis para análise estatística do problema. Também envolve a obtenção de informações sobre o processo que podem estar interferindo no problema estudado.

*Analyze* (Analisar): Consiste na análise das informações e dados obtidos na fase anterior. Durante essa etapa, é possível tirar conclusões sobre as possíveis melhorias e identificar suas prioridades. Além disso, é o momento de identificar as origens dos problemas e compreender como eles afetam o processo produtivo.

*Improve* (Melhorar): Na fase de Melhorar, ocorre a implementação das melhorias identificadas. Constantemente, busca-se otimizá-las, realizando os ajustes necessários nos processos e implementando as mudanças necessárias.

*Control* (Controlar): A última etapa é a de Controlar, cujo objetivo é garantir que as melhorias implementadas permaneçam no processo produtivo. Geralmente, há um monitoramento contínuo dos processos para identificar possíveis desvios dos parâmetros estabelecidos.

Essas etapas formam uma sequência lógica que visa abordar sistematicamente os desafios e oportunidades de melhoria, permitindo uma gestão eficaz do projeto Seis Sigma.

## **2.4. Ferramentas para análise em projetos Six Sigma**

Na metodologia Seis Sigma, o uso de ferramentas adequadas desempenha um papel fundamental na identificação, análise e resolução de problemas, bem como na proposição de melhorias. Além disso, algumas dessas ferramentas são essenciais para a implementação de planos de ação, gerando informações cruciais para o controle das variáveis do processo produtivo e permitindo a verificação efetiva se a qualidade está sendo alcançada.

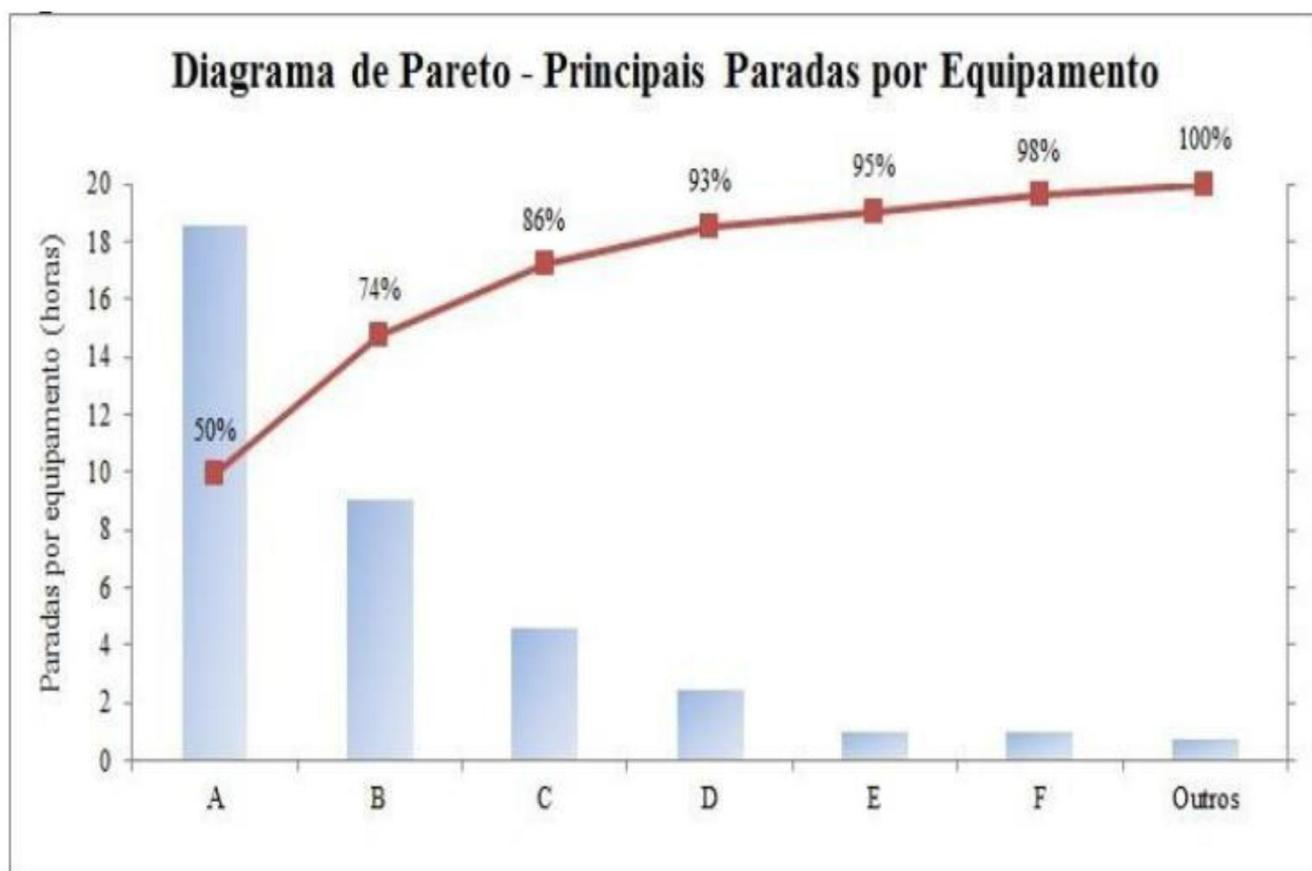
Ao aplicar o método DMAIC, algumas ferramentas são comuns em cada fase. No entanto, é importante ressaltar que não há uma regra estrita para a utilização de todas as ferramentas, uma vez que cada problema em análise pode demandar um conjunto específico de informações e dados.

Existem diversas ferramentas disponíveis para a resolução de problemas, mas neste trabalho, serão apresentadas as ferramentas relevantes para o objeto de estudo em questão. Essa seleção considera a pertinência das ferramentas em relação ao foco do estudo e destaca a importância de escolher as ferramentas mais apropriadas para abordar os desafios específicos enfrentados no contexto analisado.

### 2.4.1. Gráfico de Pareto

O Princípio de Pareto é uma concepção que estabelece uma relação onde 20% das causas são responsáveis por 80% dos problemas (DAYCHOUM, 2008). De acordo com Gupta e Sri (2012), o gráfico de Pareto é uma ferramenta que permite a priorização das principais causas de problemas por meio de uma representação gráfica. Essa representação visual possibilita agir sobre as circunstâncias mais propensas à redução de custos ou desperdícios, proporcionando assim uma valiosa contribuição para as decisões da empresa. Essa abordagem baseada no Princípio de Pareto é fundamental para concentrar esforços nas questões mais impactantes, otimizando a alocação de recursos e orientando ações corretivas de forma estratégica. A figura 2 apresenta um exemplo de Gráfico de Pareto.

**Figura 2** – Gráfico de Pareto



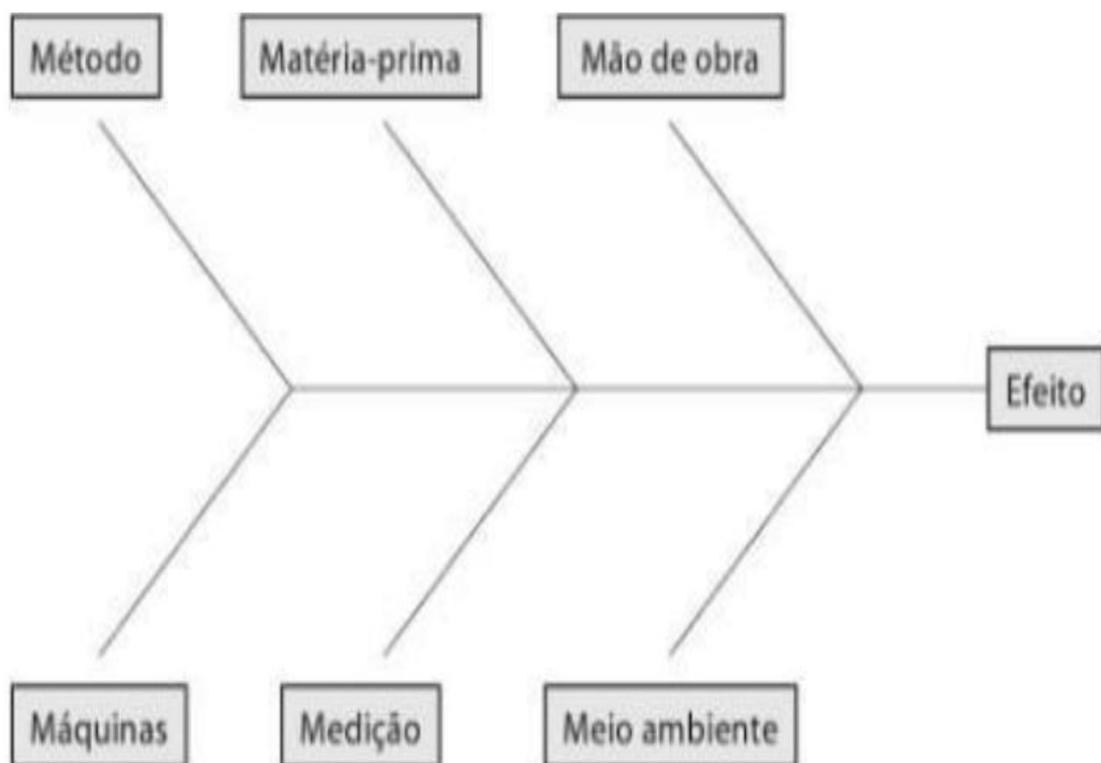
**Fonte:** Adaptado de Tabaki (2016)

## 2.4.2. Diagrama de Causa e Efeito

Essa ferramenta, também conhecida como Diagrama de Ishikawa, visualiza de forma gráfica as possíveis causas de um determinado problema. Sua estrutura é composta pelos 6M's: Mão-de-obra, Método, Meio Ambiente, Matéria-prima, Máquina e Medição. Esses elementos permitem a classificação das causas, facilitando a tomada de decisão na resolução do problema e na busca por melhorias (MONSANTO, 2012).

De acordo com Possarle (2014), o objetivo principal dessa ferramenta é identificar a causa raiz do problema e extrair o máximo de informações relevantes para a questão em análise. A Figura 3 ilustra um modelo típico de diagrama de causa e efeito. Essa representação visual permite uma abordagem estruturada para analisar as relações entre diferentes variáveis e compreender como elas contribuem para um determinado efeito ou problema. O diagrama de causa e efeito é uma ferramenta valiosa para orientar esforços na solução de problemas complexos, promovendo uma abordagem sistemática e eficaz.

**Figura 3** – Exemplo de diagrama de Causa e Efeito



**Fonte:** Guelbelt (2012, p.90)

### 2.4.3. Brainstorming

Segundo Maximiano (2004), o *brainstorming* é definido como um conjunto de ideias obtidas a partir de um evento no qual os participantes interagem, opinam e argumentam sobre um tema específico. Essa ferramenta desempenha um papel fundamental em projetos de melhoria, envolvendo desde a alta direção até os colaboradores de chão de fábrica. Todos têm a oportunidade de contribuir com soluções para o problema, promovendo o engajamento e motivando os funcionários ao demonstrar a importância de suas contribuições.

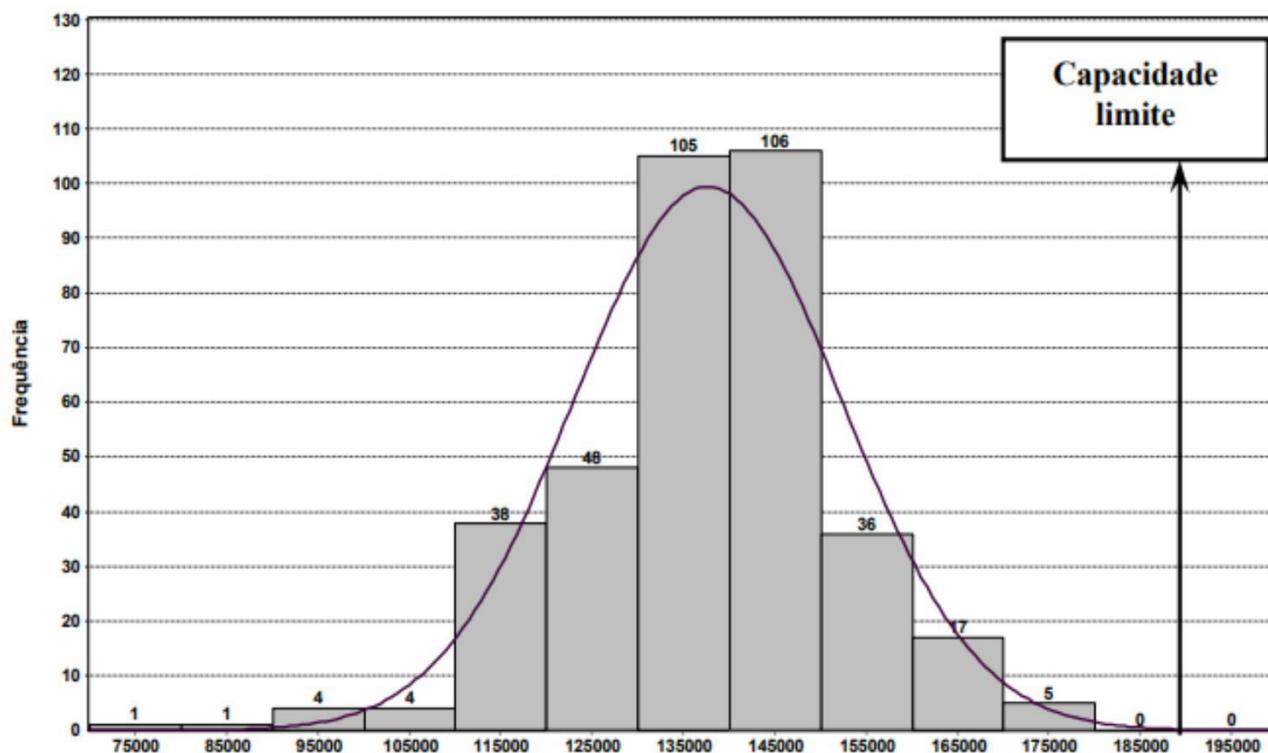
No processo de *brainstorming*, o responsável encerra o evento quando não há mais propostas de soluções ou quando um número significativo de ideias foi apresentado. Posteriormente, essas propostas ou ideias são analisadas e selecionadas para aplicação prática (MAXIMIANO, 2004). Essa abordagem colaborativa e inclusiva não apenas gera uma variedade de perspectivas, mas também cria um ambiente que valoriza a participação de todos os membros da equipe na busca por soluções inovadoras e eficazes.

### 2.4.4. Histograma

O histograma é uma representação gráfica que distribui dados quantitativos em classes por meio de um gráfico de barras. Em outras palavras, constitui uma forma visual de apresentar dados organizados em classes ou categorias. A representação ocorre por meio de barras que indicam a frequência de ocorrência dos dados dentro dos intervalos definidos, ou seja, nas classes estabelecidas (JUNIOR et al., 2006).

Essa ferramenta atua como uma "fotografia" do processo, fornecendo uma visão do comportamento de um parâmetro específico de especificação do produto durante o processo produtivo. O histograma é instrumental para entender a distribuição dos dados, proporcionando uma análise visual que facilita a compreensão da variabilidade e do desempenho do processo em questão. A Figura 4 mostra um exemplo de histograma.

**Figura 4** – Ilustração de um Histograma



**Fonte:** Histograma de Produção da ETA João Leite ano 2001

### 2.4.5. 5W1H

A ferramenta 5W1H, conforme Werkema (2014, p. 37), é essencial após a análise do processo, pois visa estabelecer um plano de ação composto por um conjunto de medidas para eliminar as causas raízes ou prevenir sua ocorrência. Dessa forma, essa ferramenta desempenha um papel crucial no estabelecimento dessas ações, fornecendo direcionamento à equipe do projeto.

Werkema define a ferramenta 5W1H da seguinte maneira: "O QUE ('WHAT') será feito, QUANDO ('WHEN') será feito, QUEM ('WHO') fará, ONDE ('WHERE') será feito, POR QUE ('WHY') será feito, COMO ('HOW') será feito". Esses seis questionamentos abrangem os aspectos fundamentais para o planejamento e execução de ações dentro de um projeto, proporcionando uma visão abrangente e clara das atividades a serem realizadas.

**Figura 5 – Ferramenta 5W1H**

O que	Como	Quem	Quando		Onde	Por que	Situação Atual
			Início	Fim			

**Fonte:** Elaborada pelo autor (2023)

### 3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho abrange diversas classificações que orientam a pesquisa de forma abrangente. No aspecto da natureza da pesquisa, é classificada como aplicada, seguindo a definição de Miguel (2010) que caracteriza esse tipo de estudo pela busca prática de resolução de problemas.

A obtenção de dados é abordada tanto qualitativa quanto quantitativamente, fundamentada na perspectiva de Oliveira (2012, p.39) que destaca a maior confiabilidade proporcionada por essa abordagem. As informações qualitativas aproximam o pesquisador do contexto, enquanto as quantitativas permitem a mensuração estatística para respaldar o estudo.

Quanto à abordagem, a pesquisa é classificada como quali-quantitativa, visando integrar a riqueza da pesquisa qualitativa com a objetividade da mensuração quantitativa.

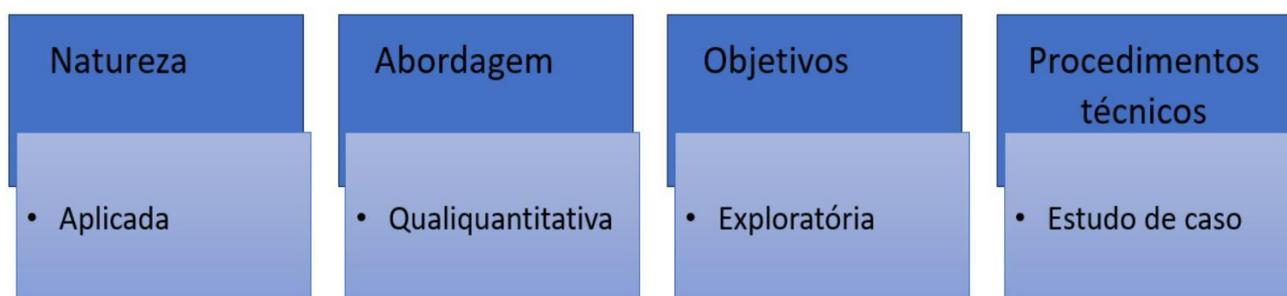
No âmbito dos objetivos, a pesquisa é exploratória, conforme a definição de Oliveira (2012, p.65), que destaca seu propósito de obter informações para proporcionar um maior conhecimento sobre o objeto de estudo.

Os procedimentos técnicos adotados caracterizam-se como estudo de caso, segundo Gil (2002), por ser consistente na análise de um ou mais objetos, proporcionando um conhecimento mais aprofundado sobre os mesmos. Yin (2001)

destaca a natureza do estudo de caso como uma investigação de fenômenos na vida real, sem uma separação clara entre o fenômeno e seu contexto.

Essa metodologia integrada visa promover uma análise completa, fundamentada tanto em dados quantitativos quanto qualitativos, contribuindo para uma compreensão aprofundada e uma possível resolução dos problemas identificados. A figura 6 ilustra as classificações metodológicas para este trabalho.

**Figura 6** – Classificações da pesquisa



**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023)

A coleta de dados para o estudo de caso envolveu o acompanhamento da produção e a análise do processo produtivo. Adicionalmente, foram coletados dados históricos da produção, contribuindo para aumentar a confiabilidade das informações observadas. A Figura 7 esquematiza o método utilizado para condução deste trabalho.

**Figura 7** – Método do trabalho



**Fonte:** Elaborada pelo autor (2023)

### 3.1 Estudo de Caso

O propósito deste capítulo é conduzir um estudo detalhado do processo, aplicando o modelo DMAIC para implementar a filosofia Seis Sigma no setor em análise. Cada fase do modelo (Definir, Mensurar, Analisar, Melhorar e Controlar) será abordada de

maneira a buscar soluções para os problemas identificados, destacando como a adoção do projeto Seis Sigma pode desempenhar um papel significativo na redução de custos para a empresa. A aplicação das ferramentas seguirá a obtenção de informações e dados durante o acompanhamento do processo.

## **4. EMPRESA**

A indústria em análise concentra suas ações no setor alimentício, mais precisamente no preparo de chocolates, papinha, leite e etc. A empresa é uma das multinacionais com maior poder sobre o mercado consumidor, estando presente em todos os estados do Brasil e também em países do exterior, tanto em unidades de produção como em produtos comercializados.

Atualmente a unidade em análise emprega aproximadamente 2.250 colaboradores, diretamente, e realiza operações nos processos de barras de chocolates, bombons, leites, ração para animais e cereais.

Este trabalho se concentrou em uma das principais unidades da empresa, que está localizada na região do Vale do Paraíba, interior do estado de São Paulo. O setor escolhido foi o “K” (nome fictício), com base dos dados de melhoria do processo da massa *waffer*.

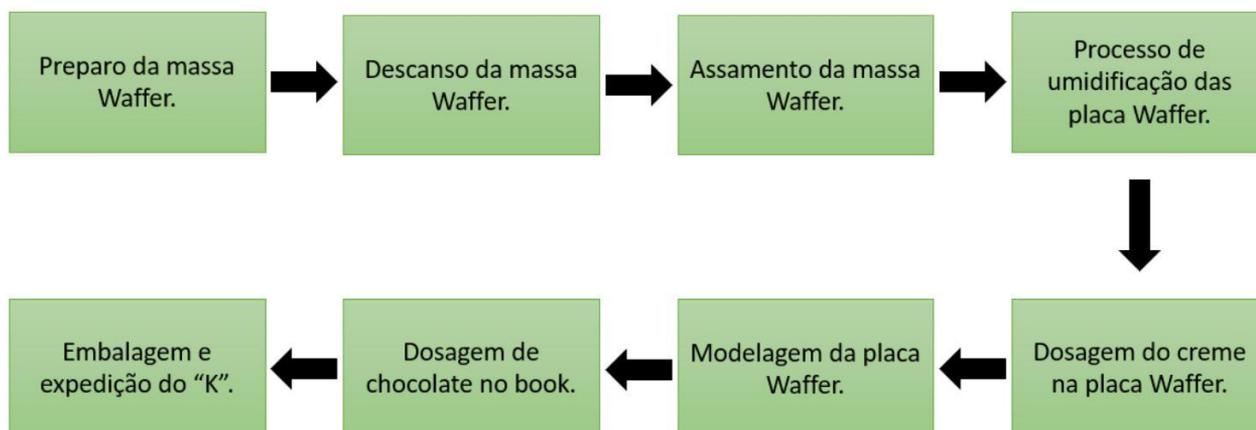
### **4.1. Etapas do Modelo DMAIC**

#### **4.1.1. Define**

O setor de “K” é um dos que mais possuem valor agregado, ou seja, o processo produtivo do *waffer*, em grande quantidade, influencia diretamente os rendimentos da empresa. Desta forma, a atenção ao preparo da massa *waffer* é inegociável, pois corresponde a 28% do produto final e, para o rendimento do lucro final, é de 12%. Assim, medidas que envolvam a melhoria da qualidade do produto, e também no que se refere ao processo, são fundamentais.

A figura 8 apresenta o fluxograma simplificado do processo de produção. Em seguida, são descritas, basicamente, cada etapa do processo.

**Figura 8** – Fluxograma do processo produtivo do *waffer*



Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

**Preparo da massa *waffer*:** Consiste em um tanque com um mexedor, para fazer a mistura dos ingredientes junto com água e farinha *waffer*.

**Descanso da massa *waffer*:** É feito o armazenamento das massas em tanques por 20 minutos, para garantir que a receita possa fazer efeito na farinha.

**Assamento da massa *waffer*:** O assamento da massa é feito em fornos de alta temperatura, operando entre 160 e 180°C, para certificar a crocância do produto para o consumidor.

**Processo de umidificação das placas *waffer*:** Para garantir que, quando for dosado o creme nas placas, não ocorra a união das receitas, constituindo-se em uma camada protetora do produto.

**Dosagem do creme na placa *waffer*:** O creme que é dosado seria o ingrediente mais importante que garante o sabor único do produto.

**Modelagem da placa *waffer*:** Nessa etapa o produto é cortado em tamanhos únicos, que caracterizam o chocolate “K” como é lembrado e, com isso, torna-se uma espécie de *Book*.

**Dosagem de chocolate no *book*:** O *Book* é colocado no equipamento que faz a moldagem dos produtos; Nessa etapa o produto já está pronto para ser embalado.

**Embalagem e expedição do chocolate “K”:** Nessa etapa é feita a embalagem do produto e o mesmo é colocado em caixas de expedição para os consumidores.

Tomando conhecimento do processo produtivo, cabe ressaltar os principais problemas observados no produto, conforme o acompanhamento das atividades. O Quadro 2 apresenta os principais problemas e o número médio mensal de ocorrências de reprocesso.

**Quadro 2 – Principais problemas e frequência de ocorrência**

<b>Problema</b>	<b>Frequência Mensal (unidades)</b>
Anomalia de matéria-prima	74
Falta de química na receita	159
Corpo estranho	230
Adiantamento da massa	1420
Viscosidade fora	480

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023)

De acordo com os dados no quadro 2, nota-se que o adiantamento da massa representa o maior número de ocorrências, porém o custo para reprocessar o *Waffer*, sob cada um destes problemas, é diferenciado, pois envolve uma etapa diferente do processo onde o mesmo pode ser efetivamente reprocessado.

A anomalia da matéria-prima pode provocar alterações no processo de preparo da massa, onde a anomalia seria a perda do controle da visidade da massa. Já a falta de química na receita, pode trazer algumas alterações no sabor e textura, prejudicando na hora de fazer o assamento da placa *waffer*. O corpo estranho, por sua vez, pode ser gerado por limpeza deficiente das tubulações e o mau assamento do processo. O adiantamento da massa consiste em afetar o controle da fineza da massa, prejudicando também o assamento e os demais processos. Além desse, a viscosidade fora pode encadear o mau controle da temperatura dos tanques, por fazer com que a viscosidade da massa fique fora da *centerline*. Por fim, tem-se o controle das receitas, cujos componentes principais seriam água potável, farinha de trigo para waffer e a enzima, entre outros. Essa enzima seria o ingrediente responsável pela “fineza” da massa, sendo trabalhada com a massa entre 27° a 32°C, pois a massa deve ficar entre essas temperaturas durante 20 minutos, garantindo o melhor preparo das massas para waffer.

Em valores aproximados pela empresa, tem-se os custos unitários de cada reprocesso para cada tipo de problema. O quadro 3 ilustra o custos informados.

**Quadro 3 – Custo unitário de reprocesso por problema**

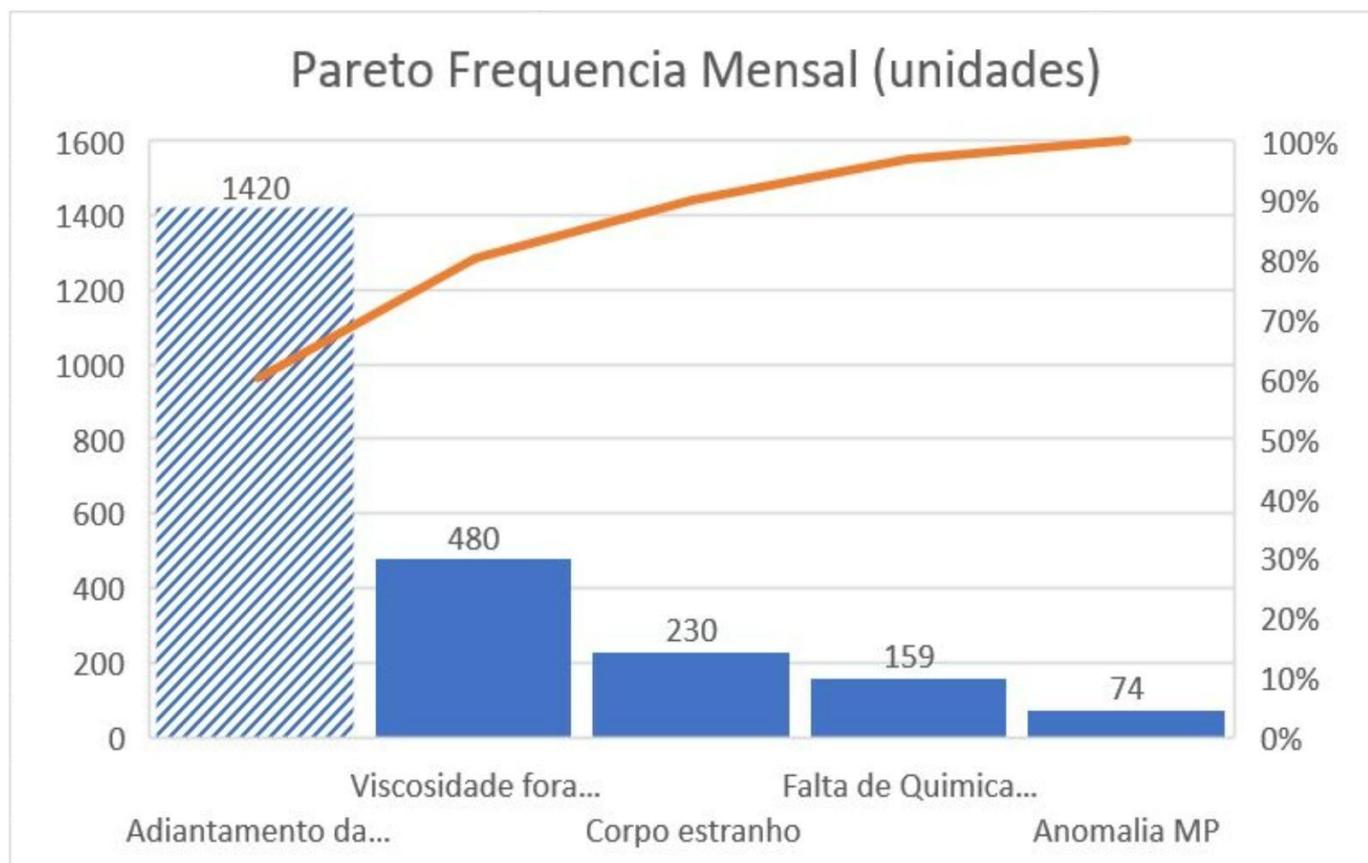
<b>Problema</b>	<b>Custo unitário (R\$)</b>
Anomalia de matéria-prima	1,32
Falta de química na receita	3,24
Corpo estranho	2,35
Adiantamento da massa	1,05
Viscosidade fora	1,22

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023)

Desta maneira, para uma melhor priorização do problema a ser atacado, pode-se fazer uso de um Gráfico de Pareto, ressaltando-se que, apesar de o problema de adiantamento de massa ter uma maior frequência de ocorrência média mensal, com 1420 casos, o custo de reprocesso do mesmo (R\$ 1,05) é o menor dentre os cinco observados. A figura 9 mostra o gráfico obtido a partir da relação entre o custo e a frequência dos problemas.

A partir do gráfico é possível perceber que o problema que apresenta maior impacto nos custos é o adiantamento da massa, representando quase 70% no custo de reprocesso, enquanto que a viscosidade fora representa aproximadamente 25% do custo. Desta maneira, o foco deste trabalho se concentra na resolução deste problema.

A equipe do projeto para a realização da implantação do projeto Seis Sigma conta com a colaboração do Supervisor de Produção, inspetor da Qualidade, Operadores de Produção e Controlador de Produção.

**Figura 9** – Gráfico de Pareto para os problemas

**Fonte:** Elaborado pelo autor (2023)

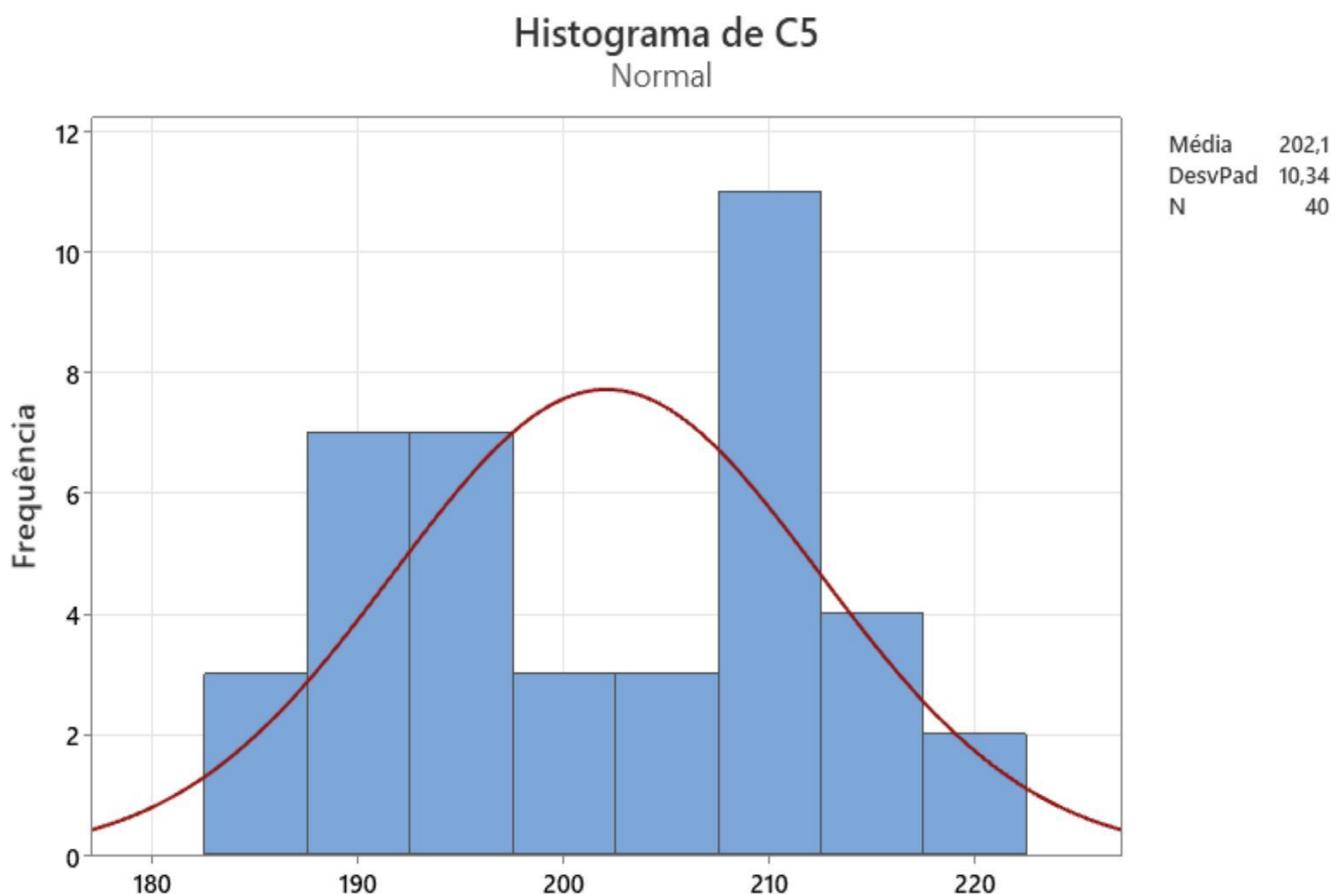
#### 4.1.2.Measure

Após a definição do problema a ser tratado, a segunda etapa do modelo DMAIC consiste em verificar o sistema de medição e estabelecer, estatisticamente, o sistema de medição para a obtenção de dados confiáveis para a posterior análise.

Um plano de coleta de dados pode ser definido em torno do problema, visando a obtenção de informações que possam evidenciar a atual situação do sistema e facilitar a identificação das causas do problema.

A partir do problema definido na etapa anterior, um plano de amostragem pode ser estabelecido pela equipe do projeto. A cada 20 minutos foi tirada uma amostra da massa, obtendo-se um total de 24 amostras por forno. em um turno de 480 minutos. totalizando 72 amostras por turno, considerando-se que existem três fornos em operação no momento.

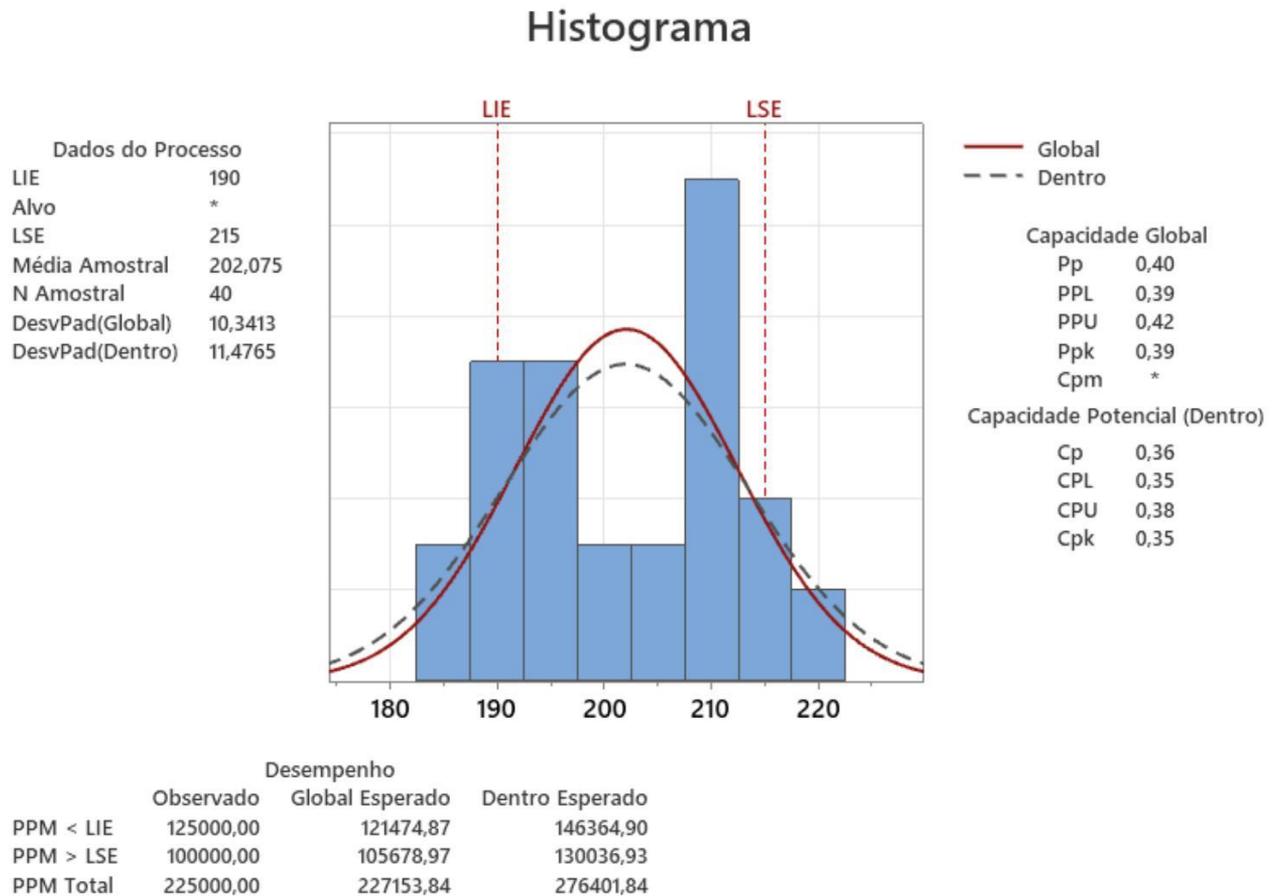
A figura 10, a seguir, refere-se ao histograma obtido a partir da aferição da massa de cada peça retirada na amostragem.

**Figura 10** – Histograma do processo.

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023)

Cabe ressaltar que os limites de especificação LIE (Limite Inferior de Especificação) e LSE (Limite Superior de Especificação) são 190 Kg e 215 Kg, respectivamente. Os mesmos foram estabelecidos pela alta direção, em conjunto com o setor da garantia da qualidade, ainda na fase de estudos do produto para comercialização no mercado consumidor. Para avaliar a capacidade preliminar do processo é preciso, primeiramente, realizar o teste de normalidade para os dados coletados na amostragem. Com o auxílio do software Minitab é possível realizar tal análise e, conforme mostra a Figura 11, tem-se o resultado do nível sigma obtido a partir do software. O nível sigma é representado pelo valor dado pelo Z. Bench, onde o valor obtido foi de 0,36, ou seja, o nível sigma de qualidade do processo é de  $\sigma = 0,36$ , representando um valor extremamente baixo, de acordo com a escala de nível de qualidade que varia de 1 a 9. Destaca-se que os limites de especificação LIE e LSE.

**Figura 11: Nível sigma do processo**



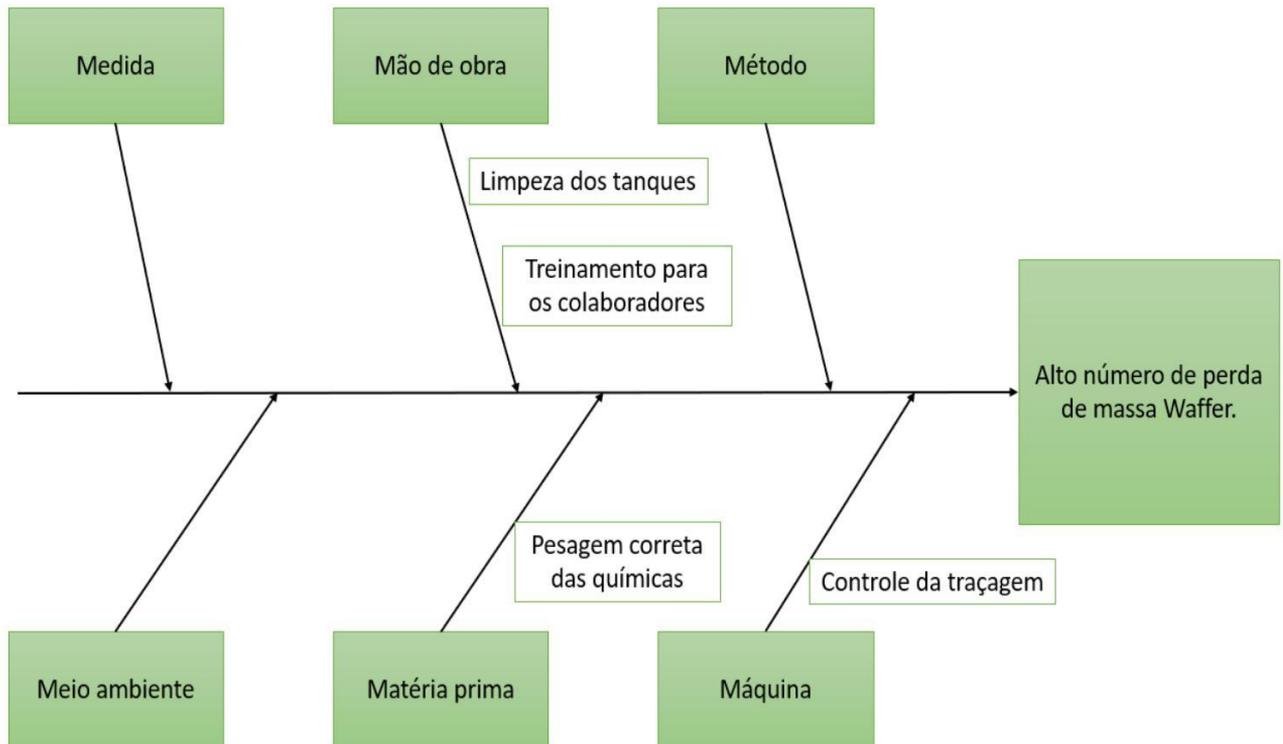
**Figura 11** Elaborado pelo autor (2023)

Uma segunda análise pode ser feita acerca dos índices de performance Ppk e Cpk obtidos a partir da amostragem com 0,39 e 0,35. Esses valores indicam que o processo está dentro da média.

### 4.1.3. Analyze

Uma vez entendida a variação do processo em torno dos limites de especificação e determinado o nível sigma, as ações devem ser focadas em encontrar a causa raiz alto número de perda de massa waffer.

A realização de um *brainstorming* permitiu encontrar novas ideias e indicativos das possíveis causas do problema. Logo, foi possível a elaboração de um diagrama de causa e efeito para o problema em questão. A Figura 12 ilustra o diagrama elaborado com as ideias expostas.

**Figura 12:** Diagrama de Causa e Efeito

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023)

Com a elaboração deste diagrama, conseguiu-se constatar quatro possíveis causas para o efeito de perda da massa de Wafer. Todas estão relacionadas a três diferentes M's. Quanto à Matéria prima, percebe-se uma perda de químicas, muitas vezes atrelada ao erro operacional do colaborador responsável, onde, quando há erro nas dosagens referentes à receita, consequentemente há perda da massa de wafer. Com relação a Mão-de-obra, percebe-se que algumas falhas são decorrentes a falta de conhecimento do processo, o que mostra a importância de treinamentos e conscientização da empresa para os colaboradores, não só para sua área de trabalho específica mas também mostrando a importância de cada processo para a entrega do produto final. Nota-se também que o desvio no cumprimento de padrão, isto é, o não cumprimento dos procedimentos exatamente como devem ser seguidos, implicavam numa futura perda da massa, seja no próprio processo ou no processo seguinte. Por fim, percebe-se que algumas faltas de controle nos processos do maquinário da empresa também contribuem para que essas perdas aconteçam, pois alguns processos primordiais dependem desse maquinário, como, por exemplo, as

tubulações de traçagens que ajuda na finesa da massa que ajuda nos funcionamentos dos fornos que aquecem as massas para que seja finalizado o Waffer.

#### 4.1.4. Improve

De imediato, percebeu-se a necessidade urgente de um treinamento para os colaboradores para redução dos erros operacionais, evidenciados como os maiores causadores das perdas, conforme analisado anteriormente. Dentro desses treinamentos, será passada, a cada um, a visão da área, ou seja, a visão específica daquele processo, e também a visão total, mais abrangente, dos procedimentos.

##### 4.1.4.1 Manutenção Emergencial

Na figura 13 é ilustrado o plano de ação simplificado que foi desenvolvido, elaborado conforme a ferramenta 5W1H.

**Figura 13** – Plano de ação 5W1H.

O que	Como	Quem	Quando	Onde	Por que	Situação Atual
Limpeza dos tanques	A limpeza e feita com agua e ar comprimido.	Operador	Paradas de equipamentos	Setor Waffer	Retirada de qualquer anormalidade da massa.	Concluida
Controle da Treçagem	Olhando os manômetros de temperatura.	Operador	Hora em hora	Setor Waffer	Para manter a integridade da massa em otimo estado	Concluida
Pesagem Correta das quimicas	Pegar cada parte da receita e conferir o peso de cada um.	Operador	Hora em hora	Setor Waffer	Para termos a total certeza que a receita estará correta.	Concluida
Treinamento para os colaboradores	Mostra como e feito o processo waffer.	Equipe de Gestão	Para novos colaboradores	Setor Waffer	Para garantir o padrão de conhecimento nivelado.	Concluida

**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023)

Conforme a ilustração, quatro ações emergenciais foram estabelecidas, de maneira a tratar as causas que foram identificadas para a ocorrência do efeito da variação da massa waffer.

Todas as ações foram imediatamente aprovadas pela alta direção e implementadas no setor em regime de urgência.

#### **4.1.5. Controle**

Para assegurar a eliminação do impacto da variabilidade, optou-se por adotar consistentemente o plano de amostragem estabelecido na fase de Medição e analisar os dados coletados por meio da elaboração de um novo histograma, além de calcular o novo nível sigma de qualidade. Dado que a busca pela qualidade é um processo contínuo, o projeto Seis Sigma entra em um ciclo de melhoria.

À medida em que novas possíveis causas são identificadas, o modelo DMAIC é novamente acionado, percorrendo todas as etapas mencionadas anteriormente, para garantir, de forma contínua, uma maior qualidade no produto final fabricado.

### **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Com o objetivo de aprimorar o processo produtivo como um todo, foi proposta a implementação do projeto Seis Sigma em toda a extensão do setor, destacando novas anomalias e causas raízes a serem abordadas. Para viabilizar isso, uma mudança cultural se fez necessária, sendo proposta a inclusão de todos os colaboradores do setor em treinamentos sobre o sistema de garantia da qualidade, bem como a participação ativa desses colaboradores na resolução dos problemas identificados.

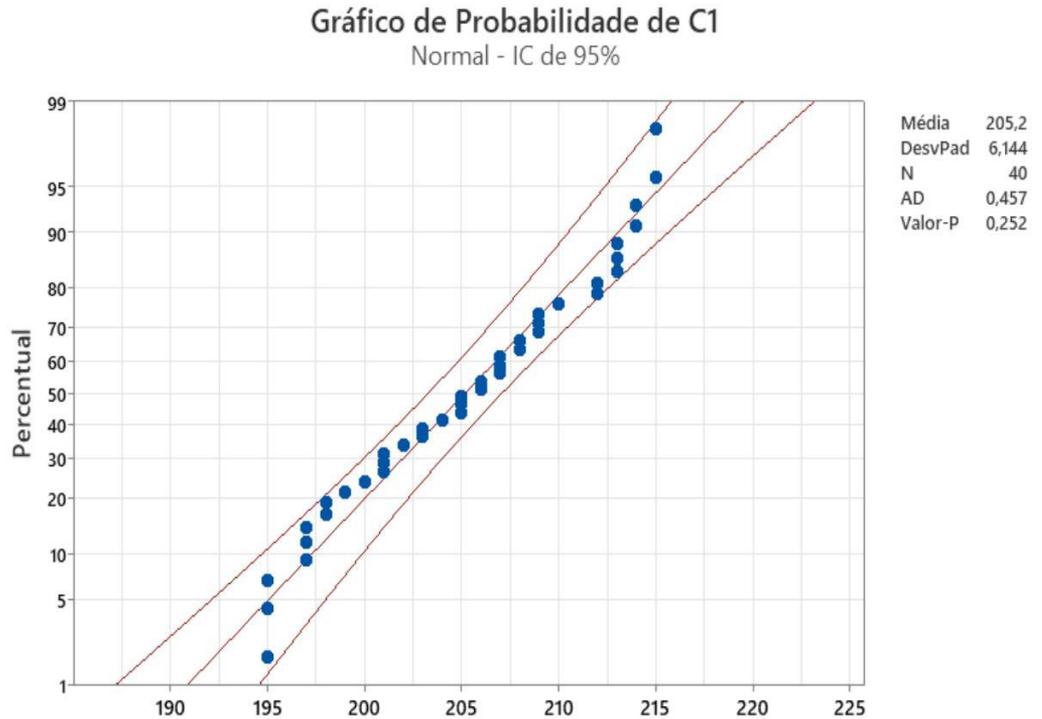
O desenvolvimento pessoal é crucial para o êxito do projeto e das ações a serem empreendidas. Portanto, por meio de capacitações, os colaboradores estão se tornando cada vez mais tecnicamente competentes na identificação e solução de problemas na linha de produção.

Com a implementação das ações delineadas nas etapas do DMAIC, alguns resultados preliminares já puderam ser observados. A Figura 14 apresenta o teste de anormalidade.

Conforme evidenciado pela a normalidade, o processo está sob controle, e não foram identificados as massas com peso superior ou inferior às especificações. O teste de normalidade nos deu um valor de Pvalue de 0,252, ou seja, os dados se comportam com uma distribuição normal. Na figura 15 apresenta o histograma para o controle da massa.

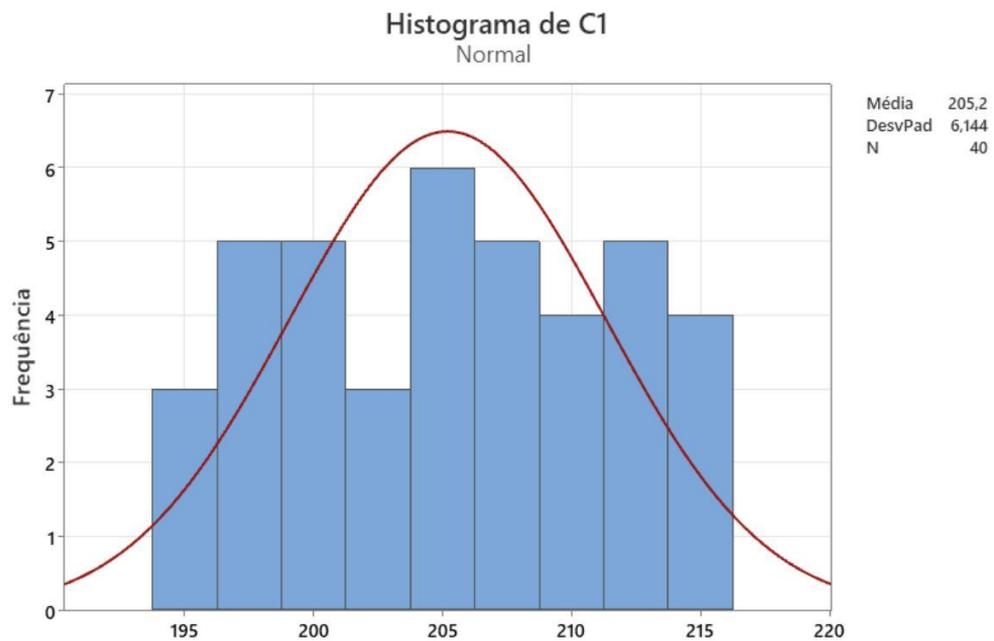
Conforme evidenciado pelo novo histograma, o processo está sob controle, e não foram identificados as massas com peso superior ou inferior às especificações.

**Figura 14 – Teste de Normalidade**



Fonte: Elaborada pelos autores (2023)

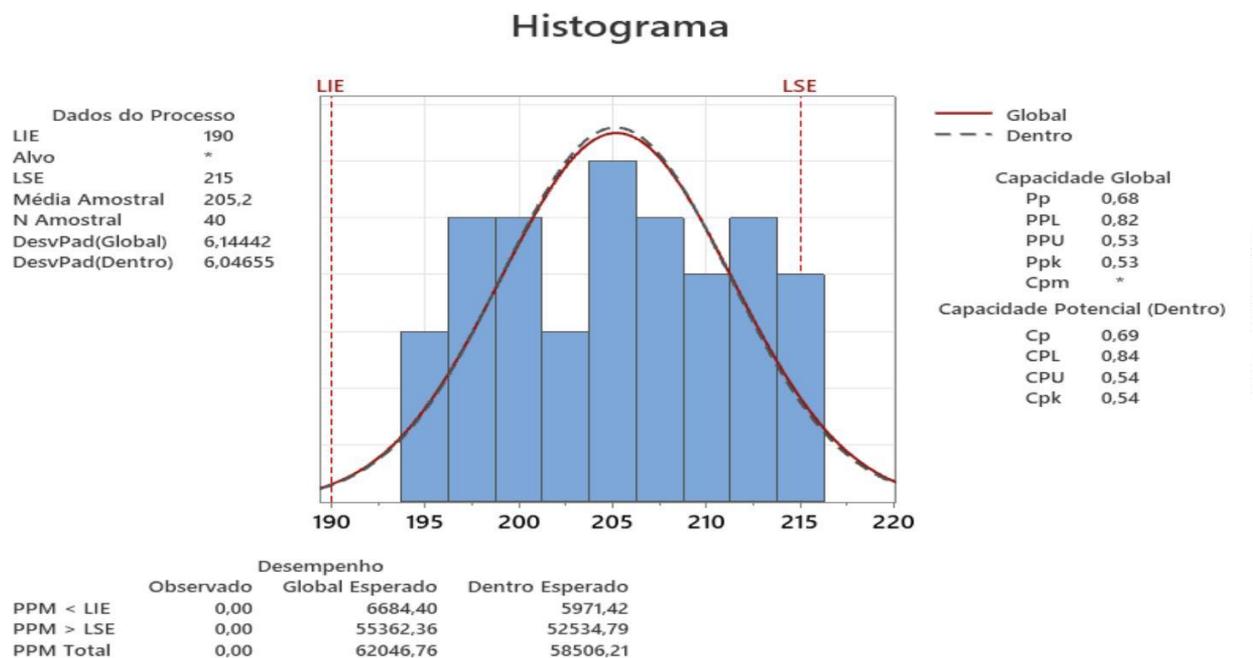
**Figura 15 - Histograma após o controle emergencial.**



Fonte: Elaborada pelos autores (2023)

Desta maneira foi possível verificar o novo nível sigma a partir destas melhorias implementadas. A figura 16 mostra que a variação do peso dos tanques foi melhorada a precisão da receita, portanto, tem-se um controle mais assertivo de que a massa está sendo melhor aproveitada.

**Figura 16** – Variação do peso dentro dos limites de especificação



**Fonte:** Elaborada pelos autores (2023)

Esse controle do peso fez com que o rendimento atendesse às especificações e ainda permitiu um grande controle em relação aos limites de especificação, portanto, não dando margem à produção de waffer fora das especificações.

O novo nível sigma obtido foi de 0,69, representando um ganho significativo no processo, ganho este evidenciado como uma redução de custos com reprocesso e como a melhoria na eficiência produtiva devido à não perda de tempo para reprocessar o produto que estava fora da especificação. Diante disso, pode-se estimar uma redução mensal de custos de R\$ 2.816,70, obtida a partir da multiplicação da média mensal de reprocesso devido ao peso fora da especificação, pelo preço unitário de reprocesso.

## 6. CONCLUSÃO

A incessante busca por melhorias na qualidade do produto, no processo e na redução de custos e desperdícios torna-se imperativa diante da crescente competitividade no ambiente empresarial. Nessa perspectiva, este trabalho teve como objetivo não apenas a implementação da metodologia Seis Sigma como um projeto isolado, mas também como uma filosofia a ser seguida na busca pela qualidade, eliminação de desperdícios e redução de custos. Para isso, utilizou-se o modelo DMAIC para coordenar as etapas e aplicar de maneira racional as ferramentas da qualidade na resolução do problema.

O estudo de caso permitiu identificar e priorizar o problema que gerava mais custos no setor em relação ao reprocesso. Por meio do projeto Seis Sigma, foi possível compreender melhor as causas do problema e estabelecer medidas apropriadas para tratá-lo. Assim, evidenciou-se que o problema era o adiantamento da massa, levando à necessidade de reprocessamento, poderia ser solucionado por meio de treinamento dos colaboradores.

Destaca-se o comprometimento de todos os envolvidos no projeto, desde a alta direção até os operadores de chão de fábrica, como ponto crucial. A aplicação da metodologia propõe não apenas uma abordagem metodológica, mas uma mudança na cultura organizacional em relação à qualidade, demonstrando que, com a colaboração de todos, é possível obter ganhos significativos a curto, médio e longo prazo.

A relevância fundamental para o sucesso do projeto reside na mudança de cultura dos colaboradores que lidam diariamente com as funções e observam os problemas constantemente. Portanto, promover o desenvolvimento desses colaboradores é de suma importância para que possam contribuir em projetos futuros. O projeto pode servir como base para abordar outros problemas, uma vez que, no início, outros problemas também foram destacados. Assim, a aplicação do modelo DMAIC pode funcionar em um ciclo de melhoria contínua.

Diante dessa perspectiva, trabalhos futuros podem explorar as variáveis e causas que interferem no surgimento desses problemas e desenvolver mecanismos para a sua solução. É importante ressaltar que o projeto Seis Sigma abordou apenas um dos problemas identificados, devido ao tempo limitado e à baixa disponibilidade

dos operadores e supervisores. Isso reforça a necessidade e a viabilidade de projetos futuros para abordar questões adicionais e aprimorar continuamente os processos.

## REFERÊNCIAS

BETTS, Alan; et al. Gerenciamento de operações e de processos princípios e práticas de impacto estratégico. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

DAYCHOUM, Merhi. 40 + 2 ferramentas e técnicas de gerenciamento. 2. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2008.

ECKES, G. The Six Sigma Revolution. 4. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2001.

GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GUELBERT, Marcelo. Estratégia de gestão de processos e da qualidade. Curitiba: Iesde Brasil, 2012.

HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. Six Sigma: a breakthrough strategy for profitability. New York: Quality Progress, 1998.

JUNIOR, I. M. et al. Gestão da qualidade. 8. ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. 196 p.

KLEFSJO, B., WIKLUND, H., EDGEMAN, R.L. Six Sigma seen as a methodology for total quality management. *Measuring Business Excellence* 5, p. 31-35, jan. 2001. <https://doi.org/10.1108/13683040110385809>

MANAGEMENT, HSM. Seis Sigma: memórias do pioneiro". 2006. Disponível em [www.minitabbrasil.com.br](http://www.minitabbrasil.com.br). Acesso em: 16 jan. 2019.

MAXIMIANO, Antonio Cesar Amaru. Introdução à administração. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2004.

MIGUEL, P. A. C. Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MONSANTO, Six Sigma: treinamento Six Sigma para Green Belts. São Paulo, Pompéia, 2012.

NICOLETTI JÚNIOR, Alaércio. Introdução ao lean seis sigma. Brasil: Clube dos Autores, 2007.

OLIVEIRA, Maria Marly de. Como fazer pesquisa qualitativa. Petrópolis: Vozes, 2012.

POSSARLE, Roberto. Ferramentas da qualidade. São Paulo: Senai-SP Editora, 2014. 256p

SANTOS, B. Adriana; MARTINS F. Manoel. A implementação dos projetos seis sigma contribuindo para o direcionamento estratégico e para o aprimoramento do sistema de medição de desempenho. Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção, n.1, p. 1-14, 2003.