



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

MARIA EDUARDA DE SOUZA TIBURCIO

**UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA A REDUÇÃO DE PERDAS DE GÁS  
NATURAL EM FORNOS DE UMA LINHA EM UMA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES**

Recife  
2024

MARIA EDUARDA DE SOUZA TIBURCIO

**UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA A REDUÇÃO DE PERDAS DE  
GÁS NATURAL EM FORNOS DE UMA LINHA EM UMA INDÚSTRIA DE  
CHOCOLATES**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso  
de Graduação em Engenharia Química  
da Universidade Federal de  
Pernambuco, como requisito parcial à  
obtenção do título de bacharel em  
Engenharia Química

Orientador (a): Prof.<sup>o</sup> Felipe Pedro da Costa Gomes

Recife  
2024

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

Tiburcio, Maria Eduarda de Souza.

Utilização da metodologia DMAIC para a redução de perdas de gás natural em fornos de uma linha em uma indústria de chocolates / Maria Eduarda de Souza Tiburcio. - Recife, 2024.

60 p. : il., tab.

Orientador(a): Felipe Pedro da Costa Gomes

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

9,67.

Inclui referências.

1. DMAIC. 2. chocolates. 3. wafer. 4. indicadores. 5. melhoria contínua. I. Gomes, Felipe Pedro da Costa . (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

## **UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA A REDUÇÃO DE PERDAS DE GÁS NATURAL EM FORNOS DE UMA LINHA EM UMA INDÚSTRIA DE CHOCOLATES**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial à obtenção do título de Engenheira Química.

Aprovado em: 13/03/2024

### **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>o</sup> Felipe Pedro da Costa Gomes (Orientador)  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

---

Prof. Dr. Luciano Costa Almeida (1<sup>o</sup> Examinador (a))  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr.<sup>a</sup>. Nattany Tayany Gomes de Paula (2<sup>o</sup> Examinador (a))  
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

*Aos meus pais.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus por tudo o que fez em minha vida, o discernimento dado para que eu pudesse ser capaz de seguir esse caminho e a fé que fez com que eu não contestasse as escolhas Dele.

Aos meus pais, José e Edna, que por mais que não tenham uma graduação, me deram todo o suporte necessário para que eu chegasse até aqui.

A minha irmã Verônica que trilhou uma jornada muito parecida com a minha de início, e por essa razão pôde me aconselhar e me mostrar o melhor caminho para seguir os seus passos.

Ao meu irmão, Neto, que apesar de nunca ter cursado uma graduação por motivos pessoais, fez o possível e o impossível para que eu tivesse o melhor ambiente de estudos e, apesar de não entender metade dos cálculos sempre me ouvia reclamar.

As minhas sobrinhas, Luna e Ester que ao contrário do meu irmão, não disponibilizaram o ambiente mais tranquilo para os meus estudos. Mas eu não trocaria esse outro ambiente por nada.

Ao meu namorado, Leonardo, que esteve comigo desde a escolha do curso, a aprovação, as cadeiras difíceis onde ofereceu suporte, meu trabalho de pesquisa dentro da universidade, meu primeiro estágio e agora a minha formação.

Aos meus amigos do ensino médio, faculdade e estágio que apesar de terem me conhecido em momentos diferentes da minha trajetória forneceram todo o suporte necessário, e alguns apesar de não entenderem muito bem, sempre buscaram ouvir e tentar ajudar de alguma forma.

Aos meus professores da fábrica, Ewerton, Elton e Adriane que foram essenciais na minha trajetória dentro de manufatura, me integrando em toda a dinâmica e fazendo com que eu escolhesse o melhor caminho possível dando exemplos reais de suas vivências.

Por fim, agradecer ao meu professor e orientador Felipe, que é um facilitador na minha trajetória na engenharia química. Felipe é aquela pessoa apaixonada pelo que faz, e isso é perceptível por toda a caminhada que fizemos juntos entre a orientação de estágio e trabalho de conclusão de curso.

## RESUMO

Em um mundo que está constantemente em evolução, as empresas necessitam de preparo para encarar e se adaptar a novos desafios, a melhoria contínua traz com ela uma abordagem fluida e rápida para que se possa lidar com essas demandas. Com o seu uso atrelado a metodologia DMAIC, temos por objetivo neste trabalho, a redução de consumo de gás natural em dois fornos de uma linha de produção de uma fábrica de chocolates. Para isso, foram utilizadas ferramentas que tem por objetivo suas cinco etapas: Fazer (Do), Medir (Measure), Analisar (Analyze), Melhorar (Improve), e checar (Check) onde nelas foram abordadas oportunidades de melhoria dentro do processo produtivo que puderam ser utilizados para implementar mudanças visando a redução de consumo de gás natural. No presente trabalho, foi realizada uma análise de oportunidades do processo e avaliação dos indicadores chave de performance (KPI- Key Performance Indicator) dentro do processo de forneamento de folhas de *wafer* para linha de chocolate, aplicado a metodologia DMAIC constatando o benefício de sua implementação no processo dos fornos em uma indústria de chocolates. O resultado principal desse projeto foi de uma produtividade de R\$230.882,00 no período do estudo, sem ser necessário o gasto com nenhuma reposição de material ou compra, podendo assim comprovar que a metodologia bem como as ferramentas de gestão que são empregadas nela são eficientes de forma que trazem resultados positivos dentro da linha de produção e mudam positivamente a mentalidade daqueles que fazem parte do dia a dia dentro da manufatura.

**Palavras-chave:** DMAIC, Chocolates, Wafer, Indicadores, Melhoria Contínua.

## **ABSTRACT**

In a world that is constantly evolving, companies need preparation to face and adapt to new challenges, continuous improvement brings with it a fluid and fast approach to deal with these demands. With its use linked to the DMAIC methodology, our objective in this work is to reduce natural gas consumption in two ovens on a chocolate production factory line. To this end, tools were used to achieve five stages: Do, Measure, Analyze, Improve, and Check, where opportunities for improvement within the production process were addressed, which could be used to implement changes at reducing natural gas consumption. In the present work, an analysis of process opportunities and evaluation of key performance indicators (KPI) was carried out within the process of supplying wafer sheets for the chocolate line, applying the DMAIC methodology, noting the benefit of its implementation in the oven process in a chocolate industry. The main result of this project was a productivity of R\$230,882.00 during the study period, without the need to spend on any replacement of material or purchase, thus proving that the methodology as well as the management tools that are used in it are efficient in ways that bring positive results within the production line and positively change the mentality of those who are part of everyday life within manufacturing.

**Key-words:** DMAIC, Chocolates, Wafers, Indicators, Continuous improvement.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de blocos do processo.....	18
<b>Figura 2.</b> Diagrama de Ishikawa.....	22
<b>Figura 3.</b> Exemplo de fluxograma.....	23
<b>Figura 4.</b> Tipos de histograma.....	24
<b>Figura 5.</b> Matriz Esforço x Impacto.....	30
<b>Figura 6.</b> 5W2H.....	31
<b>Figura 7.</b> Impactos financeiros.....	33
<b>Figura 8.</b> Consumo de gás de acordo com fornos.....	34
<b>Figura 9.</b> Teste de normalidade da linha.....	38
<b>Figura 10.</b> Teste de qualidade de ajuste.....	39
<b>Figura 11.</b> Estudo da capacidade do processo da linha.....	39
<b>Figura 12.</b> Mapa de processo.....	41
<b>Figura 13.</b> Diagrama de Causa-e-efeito.....	45
<b>Figura 14.</b> Matriz esforço e impacto.....	47
<b>Figura 15.</b> Algumas ações mapeadas.....	48
<b>Figura 16.</b> Parte interior dos fornos.....	49
<b>Figura 17.</b> Tipos de placas.....	50
<b>Figura 18.</b> Plano de controle.....	51
<b>Figura 19.</b> Capacidade final.....	52

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.</b> Mapeamento de oportunidades do workout .....	36
<b>Quadro 2.</b> Xs potenciais .....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1. KPIs .....</b>	<b>35</b>
-----------------------------	-----------

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABICAB	Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas
ABITRIGO	Associação Brasileira da Indústria do Trigo
CWF	Cozinha de <i>Wafer</i>
DMAIC	Do inglês, <i>Do, Measure, Analyze, Improve e Check</i>
EMS	<i>Energy Manager System</i>
GE	<i>General Eletric</i>
GLP	Gás Liquefeito do Petróleo
GMP	Do inglês, <i>Good Manufacturing Practice</i>
KPI	Do inglês, <i>Key Performance Indicators</i>
MSA	Do inglês, <i>Measurement Systems Analysis</i>
PDCA	Do inglês, <i>Plan, Do, Check, Act)</i>
PPM	Partes por milhão
5W2H	Do inglês, <i>What, Where, Why, When e Who</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1 OBJETIVO GERAL .....	16
1.1.1 <b>Objetivos específicos</b> .....	16
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	17
2.1 VISÃO GERAL DA PRODUÇÃO DO CHOCOLATE.....	17
2.2 FORNOS E CONSUMO DE GÁS .....	19
2.3 FERRAMENTAS TRADICIONAIS DE CONTROLE DE QUALIDADE.....	20
2.3.1 <b>Diagrama de pareto</b> .....	20
2.3.2 <b>Diagrama Causa-e-Efeito</b> .....	21
2.3.3 <b>Fluxograma</b> .....	22
2.3.4 <b>Histograma</b> .....	23
2.4 LEAN SIX SIGMA E DMAIC .....	24
2.4.1 <b>Definir</b> .....	25
2.4.2 <b>Medir</b> .....	26
2.4.3 <b>Analisar</b> .....	26
2.4.4 <b>Melhorar</b> .....	27
2.4.5 <b>Controle</b> .....	27
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	29
3.1 TEMPESTADE DE IDEIAS .....	29
3.2 MATRIZ ESFORÇO-E-IMPACTO .....	29
3.3 MAPA DE PROCESSO.....	30
3.4 5W2H.....	30
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	32
4.1 ETAPA MEDIR .....	32
4.1.1 <b>Mapeamento e identificação de perdas</b> .....	32
4.1.3 <b>Definição de KPIs</b> .....	34
4.2 ETAPA MEDIR .....	36
4.2.1 <i>Workout</i> .....	36
4.3 ANALISAR.....	37
4.3.1 <b>Estudo da capacidade inicial</b> .....	37
4.3.2 <b>Mapa de Processo</b> .....	40
4.3.3 <b>Diagrama Causa e efeito</b> .....	44
4.3.4 <b>Matriz esforço-e-impacto</b> .....	46
4.4 MELHORAR .....	47

4.4.1 Planos de ação.....	47
4.5 CONTROLAR .....	50
4.5.1 Plano de Controle .....	50
4.5.2 Instrução de trabalho.....	52
4.5.3 Capabilidade final do processo .....	52
5 CONCLUSÕES .....	50
6. REFERÊNCIAS .....	51

## 1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da competitividade entre as empresas evidenciadas pela globalização e as constantes evoluções tecnológicas, tornou-se necessário que empresas busquem por ideias inovadoras que possam torná-las capazes de desenvolver em um cenário de constantes mudanças. Desse modo, estas mudanças irão refletir nas organizações um ambiente cada vez mais inovador e dinâmico, fazendo assim que essa condição imponha adaptações às novas práticas de trabalho (Machado; Francisco, 2005).

Nesse contexto, conceitos de melhoria contínua de processos, são peças-chaves para se manter competitivo no mercado nos dias de hoje, pois, através das metodologias utilizadas pela melhoria contínua se torna possível minimizar os desvios do processo, aumentar a produtividade, reduzir custos e melhorar a qualidade do produto oferecido dentro de uma empresa, por exemplo (Gamme; Lodgaard, 2018).

Visando uma indústria de chocolates, sabemos que o mesmo está entre as guloseimas favoritas das crianças e dos adultos. Ingrediente versátil, que pode ser preparado e usado nas mais variadas formas, como tabletes, fondue, bolos, biscoitos, sorvetes, cereais, caldas, entre outros (Lima, 2008). Ele é um dos produtos mais consumidos no Brasil e no mundo (Cardoso, 2007).

Segundo os dados da Associação Brasileira da Indústria de Chocolates, Amendoim e Balas (ABICAB), o setor de Chocolates fechou 2022 com um volume de produção de 760 mil toneladas, crescimento de 8,3% em relação ao mesmo período de 2021. As exportações desse mercado totalizaram 35,8 mil toneladas, correspondendo a um valor de US\$141,3 milhões. Atualmente o Brasil exporta chocolates para 135 países, sendo os principais destinos: Argentina, Chile e Paraguai. O setor industrial de cacau e chocolate é competitivo e gera benefícios econômicos e sociais ao país, com o pagamento de cerca de R\$2 bilhões em salários e retiradas e R\$1,2 bilhão em encargos sociais e trabalhistas, havendo ainda muita oportunidade para crescimento (PIA-IBGE). Estima-se que houve um consumo aparente de 743 mil toneladas de chocolates no Brasil em 2020, incluindo achocolatados, crescimento médio anual de 0,8% na comparação com 2011. Na última década, as principais categorias de produtos comercializadas no mercado interno nacional que tiveram os maiores aumentos em termos de volume foram confeitos de chocolate (322%), granulados (208%) e barras de chocolate com

mais de 2 quilos (87%). A expansão relativamente alta nesse grupo de produtos pode estar associada, em parte e não exclusivamente, ao período de crise econômica pela qual o Brasil passou entre 2011 e 2020 (ABICAB, 2023).

Com o avanço técnico e tecnológico, é importante que as empresas estejam continuamente se atualizando e em busca de melhorias e correções em seus processos a fim de eliminar os desperdícios, seja para atuar de maneira competitiva, crescer e até mesmo para sua própria sobrevivência no mercado. Naturalmente, como toda atividade industrial regulamentada, a indústria alimentícia segue uma série de leis/resoluções que protegem a empresa fabricante bem como os consumidores. Essas normas podem caracterizar vários aspectos de produção tais como: pH, descrição no rótulo, características de preparação das receitas, percentual de recheio, peso, dentre outros (Freire, 2018).

Na indústria de chocolates, é possível ver uma perda notável em relação ao processo de forneamento que resulta na placa de *wafers*, utilizado para o produto final. A fabricação de *wafers* engloba uma fatia significativa da indústria alimentícia e vem expandindo-se rapidamente localmente em todo Brasil e internacionalmente a partir do mercado de Snack. Dessa maneira, é fundamental manter uma busca contínua pela melhoria do processo, pois a partir da redução de perdas o custo do produto passa a ser menor, fornecendo uma maior vantagem competitiva para a empresa (Slack, 2009).

Uma das vias adotadas pelas empresas de alto nível é uso de metodologias de melhoria contínua que fomentam o progresso através das ferramentas que permitem analisar e tratar a partir de uma forma lógica os problemas vivenciados pelas indústrias, impactando positivamente nas mudanças necessárias para que os resultados sejam alcançáveis (Albertin, 2016).

De acordo com Werkema (2014), o modelo Seis Sigma, cuja principal metodologia é o DMAIC, que se trata de uma sigla em inglês que significa *define, measure, analyze, improve e control* (podendo ser traduzido para: definir, medir, analisar, melhorar e controlar) e representa um método de melhoria, contempla-se como uma dessas metodologias cruciais empregadas para concentrar esforços na otimização de processos. O objetivo principal é alcançar melhorias, seja em termos financeiros ou na qualidade dos produtos, enquanto simultaneamente reduz custos e melhora a eficiência na produção.

À vista disso, este trabalho propõe uma melhoria no processo de perdas de gás natural em uma fábrica de chocolates situada no Brasil utilizando o método DMAIC tratando o problema e garantindo a durabilidade destas melhorias.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Aplicar o ciclo DMAIC (*Do, Measure, Act, Improve e Control*) juntamente com outras ferramentas de melhoria contínua como diagrama espinha de peixe, histograma, entre outras, em fornos de uma linha de produção de chocolates.

### 1.1.1 Objetivos específicos

Para isso, o trabalho visou atingir os seguintes objetivos específicos:

- Aplicar a metodologia DMAIC;
- Reduzir consumo de gás natural de fornos da linha;
- Padronizar o processo de forneamento;
- Realizar análises dos indicadores chave de performance (*Key Performance Indicators* — KPIs) com o objetivo de validar as ações de melhoria implementadas.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

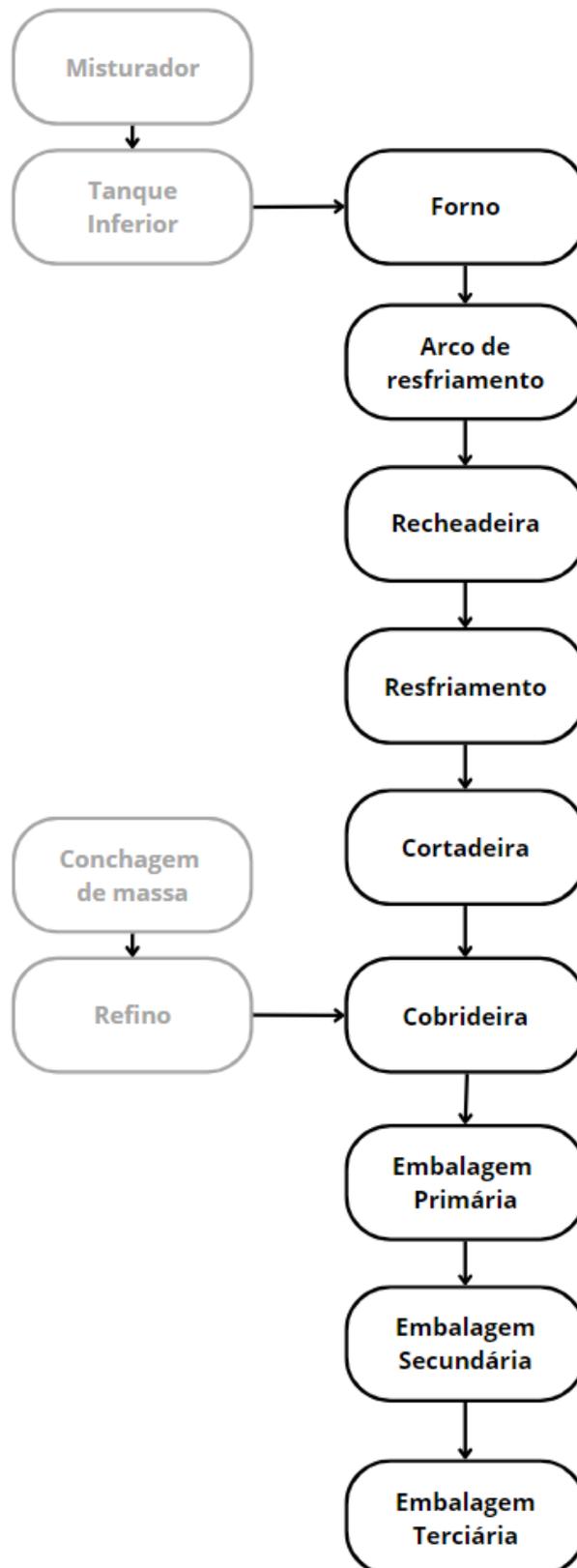
Este tópico traz inicialmente uma breve introdução da visão geral do processo produtivo de chocolate, neste tópico será apresentado algumas informações gerais sobre o processo produtivo das folhas de *wafers* e fornos da fábrica de chocolates. Após isso, são citadas as ferramentas de melhoria contínua empregadas neste trabalho.

### 2.1 VISÃO GERAL DA PRODUÇÃO DO CHOCOLATE

Para a produção de chocolate, as massas de *wafers* são preparadas, e misturadas por meio de um misturador onde são acrescentadas as matérias primas. Após esse misturador, elas ficam a espera em um tanque de espera (tanque inferior) e então seu envio é feito por meio de tubulações que chegam ao forno, que utilizam gás natural.

Com isto, as placas são assadas e passam por um arco de resfriamento, que como o próprio nome sugere, é onde são resfriadas para então ser adicionado o recheio em cada uma das placas que juntas formam uma placa recheada. Placa essa, que passa novamente pelo resfriamento para criar as condições adequadas para ser cortada. Ao ser cortada, passa por uma cobrideira onde nela é depositado o chocolate temperado em todas as faces do chocolate. Essa massa antes de chegar nesta etapa, é resultado de um processo de refino, onde todo o açúcar e cacau processados são direcionados ao processo de conchagem, nesta etapa ocorre a adição de manteiga de cacau e a massa é mantida em constante movimento para retirar toda a umidade e acidez do chocolate, apresentado na Figura 1 abaixo.

Figura 1. Diagrama de blocos do processo



Fonte: A autora (2024).

Nesse processo se desenvolvem o sabor e o aroma característicos do chocolate como é conhecido (Cohen; Jackix, 2009). A massa, então, é processada em um misturador denominado concha, armazenada em tanques com agitação contínua e temperatura controlada em 45°C para, posteriormente, ser utilizada no processo de fabricação. Uma vez armazenada, nos tanques, a massa precisa passar por um processo de têmpera para, finalmente, ser utilizada nos processos de moldagem (Cohen; Jackix, 2009).

Após ser resfriada mais uma vez, é colocada na primeira embalagem, chamada de embalagem primária, que nada mais é do que a última embalagem que o cliente final precisa abrir ao consumir. Seguida da embalagem secundária, que agrupa as embalagens primárias, e embalagem terciária que seria a caixa final que contém todas as caixas unitárias.

## 2.2 FORNOS E CONSUMO DE GÁS

A principal fonte de calor para o fornecimento da produção de massas é o gás natural. Ele ocorre na natureza comumente associado ao petróleo e corresponde a uma mistura de hidrocarbonetos leves e outros compostos químicos orgânicos e inorgânicos (Selley, 1998). Esta fonte energética representa o terceiro combustível fóssil mais consumido no mundo e sua aplicação se estende tanto na geração de energia elétrica, quanto na atividade industrial, transporte, consumo doméstico e comercial (Reis, 2018).

Sua importância como fonte energética vem crescendo cada vez mais, uma vez que apresenta boa eficiência e sua queima emite quantidades consideravelmente menores de poluentes e gases do efeito estufa ( $\text{CH}_4$  e  $\text{CO}_2$ ), quando comparado aos demais combustíveis fósseis disponíveis na natureza (Reis, 2023).

No Brasil, o gás natural é a fonte energética que vem apresentando as maiores taxas de crescimento na matriz energética do país, tendo mais que dobrado a sua participação na oferta interna de energia nos últimos anos, passando de 3,7% (1998) para 9,3% (2005). Sua produção e importação cresceram em 2005, 4,3% e 11,3%, respectivamente. Isso se deve, principalmente, por sua eficiência na substituição de outros combustíveis derivados do petróleo como: óleo combustível, gás liquefeito de petróleo (GLP) (na indústria), e gasolina (no transporte) (Ministério de Minas e Tecnologia [...], 2006). Oliveira (2006) diz que a evolução da qualidade teve três fases: era da inspeção, era do controle estatístico e era da qualidade total. A era da inspeção, o objetivo principal era detectar os defeitos de fabricação e que não existia uma metodologia para realizar essa inspeção (Longo, 2006). Já na era do controle estatístico,

Oliveira et al. (2006) mencionam que o controle de inspeção era feito por seleção aleatória de alguns produtos e, a partir dessa análise, era verificada a qualidade do lote inteiro. Segundo Corrêa e Corrêa (2008), a era da qualidade total é a vivida atualmente.

### 2.3 FERRAMENTAS TRADICIONAIS DE CONTROLE DE QUALIDADE

Se tratando de qualidade, suas ferramentas são técnicas utilizadas nos procedimentos e no gerenciamento da Gestão da Qualidade, que permitem a análises de fatos e dados estruturados para a tomada de decisão com maior probabilidade de adequação à situação analisada (Digrocco, 2008). Com a análise de evidências de descontroles, a elaboração de tendências e as relações de causa e efeito proporcionadas através das ferramentas da qualidade, acessíveis a qualquer participante do processo produtivo envolvido, podem basear a tomada de decisão em até 95% das ocorrências (Campos, 2008).

De acordo com Martins (2007) “É possível afirmar que em todas as visões de qualidade, indicam que o foco está direcionado principalmente à satisfação dos clientes e mercados e, consecutivamente, à melhora dos resultados empresariais”.

A avaliação da qualidade sempre teve um espaço no gerenciamento das organizações, a fim de se obter um ambiente competitivo para desenvolver estratégias que viabilizem o processo de avaliação (Paladini, 2002).

Segundo Indezichak (2005) o gerenciamento da qualidade dos produtos e serviços, estabelece um aumento da competitividade da empresa, com foco na melhoria de produto e processos visando satisfazer os clientes. Para Rosário (2004) a evolução do controle da qualidade é permitida não só para que a empresa reduza a frequência de erros, como também aumente o rendimento, a capacidade e o desempenho da produção.

As sete ferramentas básicas da qualidade são: Diagrama de Pareto, Diagrama causa e efeito, Fluxograma, Histograma, Folha de verificação, Diagrama de dispersão e Gráficos de controle (Werkema, 2012). Neste estudo, serão empregadas algumas dessas ferramentas devido à sua importância no tema, as quais serão detalhadas a seguir:

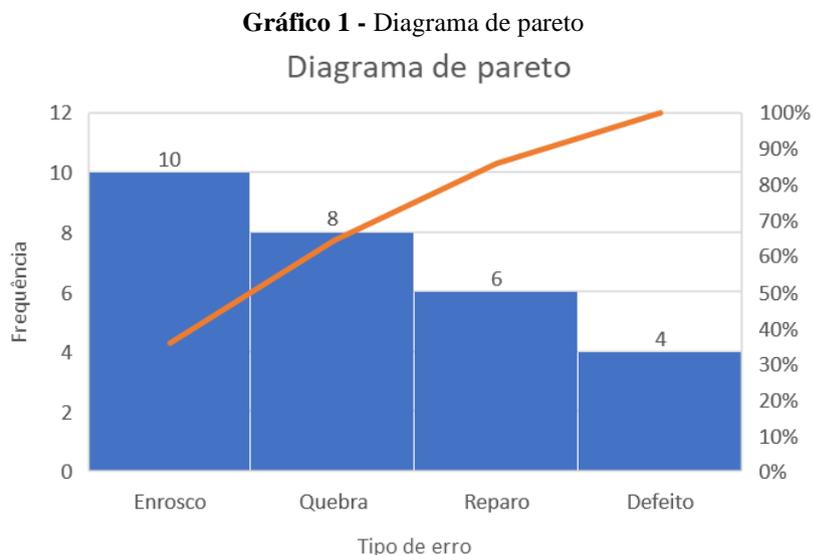
#### 2.3.1 Diagrama de pareto

O objetivo do gráfico de Pareto é classificar em ordem decrescente os problemas que produzem os maiores efeitos e atacar esses problemas inicialmente (Corrêa e Corrêa 2008).

Coraiola (2011) descreve as principais aplicações do gráfico de Pareto:

- Encontrar os problemas;
- Encontrar as causas que operam em um defeito;
- Aperfeiçoar a visão de uma ação;
- Dar preferência para a ação;
- Aprovar os resultados de melhoria;
- Delinear as causas de maior significância, excluindo sua causa;
- Separar em classes a ação;
- Apontar os elementos responsáveis pelos impactos de maior importância.

Um exemplo do diagrama pode ser visto no Gráfico 1.



Fonte: A autora (2024).

### 2.3.2 Diagrama Causa-e-Efeito

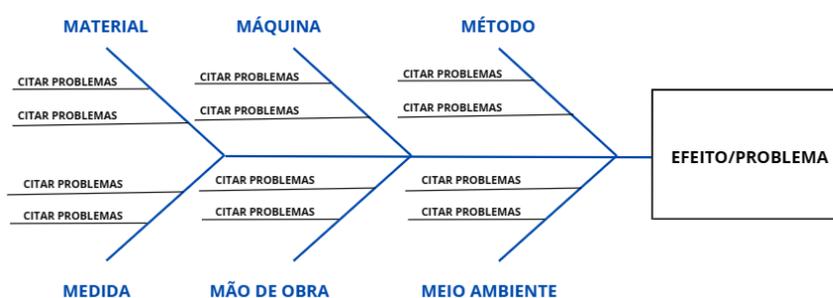
O diagrama de causa e efeito, também chamado de diagrama espinha de peixe ou diagrama de Ishikawa, é uma figura que visa estabelecer a relação entre o efeito e todas as causas de um processo. Cada efeito possui várias categorias de causas, que, por sua vez, podem

ser compostas por outras causas (Rodrigues, 2006). A aplicação desta ferramenta da qualidade possibilita a seus colaboradores, identificar com grande facilidade quais são as possíveis causas raízes, que estão gerando defeitos ou não conformidades em algum processo produtivo ou produto (Trivellato, 2010).

Segundo Werkema (2006), para que o uso desta ferramenta da qualidade alcance resultados satisfatórios, é essencial que o maior número de indivíduos envolvidos com o problema em questão esteja presente nas reuniões de elaboração, com o objetivo de garantir informações que sejam absorvidas e adicionadas a metodologia da ferramenta, contribuindo assim, com o avanço de possíveis soluções para a correção destas falhas.

Esse diagrama tem como finalidade observar aprofundadamente o problema, promovendo benefícios satisfatórios. Problema esse que deve ser adicionado como a “cabeça do peixe”, suas causas relacionadas, adicionadas como espinhas do peixe e as subcausas são aplicadas ao longo das linhas que seriam as “espinhas do peixe”. Tem se que essa é uma ferramenta gráfica utilizada para mostrar a relação entre causas e efeitos ou alguma característica de qualidade e os fatores envolvidos (Ballestero-Alvarez, 2010).

**Figura 2.** Diagrama de Ishikawa



Fonte: A autora (2024)

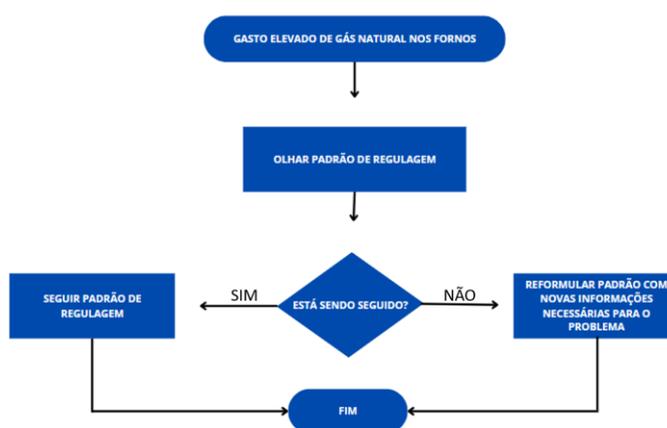
### 2.3.3 Fluxograma

O Fluxograma é uma ferramenta que tem por objetivo apresentar, de forma gráfica, as etapas pertencentes a um processo. Pode ser utilizado na análise de um processo corrente, pois permite a compreensão rápida do fluxo de atividades (Lucinda, 2010).

Pode assumir também diversos formatos e modelos, visando trazer um gráfico mais

prático para o leitor final. Podem ser denominados como: sintéticos; de blocos; esqueletos; de procedimentos; vertical e horizontal e integrado. Todos apresentam funções específicas e variado grau de complexidade. Estas alternativas devem ser devidamente analisadas pelos profissionais da informação quando de sua utilização (Vergueiro, 2002). Um exemplo simples de fluxograma encontra-se na Figura 3.

**Figura 3. Exemplo de fluxograma**



Fonte: A autora (2024)

### 2.3.4 Histograma

Trata-se de uma ferramenta estatística gráfica agrupada em classes de frequência que permite verificar a forma da distribuição, o valor central e a dispersão dos dados. É um gráfico formado por retângulos contínuos com bases nas faixas de valores da variável em estudo e cuja altura é dada pela frequência da ocorrência dos dados no intervalo definido pela base do retângulo (Braz, 2002).

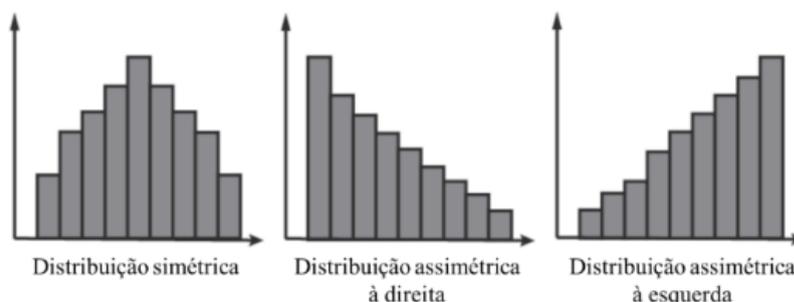
O autor ainda diz que o Histograma difere do Diagrama de Pareto pelo tipo de variável que representa sendo que:

- a) O Diagrama de Pareto é para variáveis discretas, classificadas e posicionadas em ordem decrescente, além de conter a curva de frequência acumulada;
- b) O Histograma é utilizado com variáveis contínuas, onde a posição não muda de acordo com a frequência, e sua interpretação leva em consideração a forma da distribuição e a relação entre distribuição e as especificações.

Os histogramas têm três categorias básicas onde podem ser divididos em relação a sua

base na forma de distribuição dos dados, podendo ser visualizados na Figura 4.

**Figura 4.** Tipos de histograma



Fonte: Adaptado de Fonseca e Dutenkefer (2018).

## 2.4 LEAN SIX SIGMA E DMAIC

Sabendo-se do uso dessas ferramentas, nos é apresentado o conceito Lean que foi inicialmente introduzido por Womack et al. (1990), referenciando-o às filosofias e práticas de trabalho empregadas em indústrias automotivas japonesas, mais especificamente ao Sistema Toyota, devido a mesma empregar técnicas mais eficientes em relação às demais organizações. Essa filosofia é focalizada na melhoria contínua dos processos, assim como nos métodos e meios necessários para que essas melhorias sejam alcançadas.

Segundo Werkema (2012), é uma iniciativa que busca eliminar desperdícios, isto é, excluir o que não tem valor para o consumidor e imprimir velocidade à empresa. Para que tais desperdícios sejam identificados, é necessário que haja amplo conhecimento quanto aos processos envolvidos na atividade, definindo quais deles acrescentam ou não valor aos produtos/serviços entregue aos clientes.

De acordo com a obra de Corrêa e Corrêa (2016), o programa Seis Sigma foi introduzido em meados de 1987, quando tornaram-se conhecidos mundialmente os resultados obtidos pelo programa de melhoria de qualidade da Motorola e, posteriormente, com a divulgação dos ganhos conseguidos pela General Electric (GE), AlliedSignal e outras empresas de classe mundial. Segundo Werkema (2012), é possível definir o Seis Sigma como sendo uma “estratégia gerencial disciplinada e altamente quantitativa, que tem como objetivo aumentar drasticamente a lucratividade das empresas”, destacando-se pela ampla utilização de conhecimentos estatísticos como base de seus princípios.

Em essência, o Seis Sigma é um método de melhoramento contínuo que visa a máxima redução da variabilidade, mostrando-se inovador quanto ao seu foco estratégico e ao seu critério na definição das metas de melhoramento (Corrêa; Corrêa, 2016). Ademais, este método prioriza o aumento da rentabilidade das organizações, já que o mesmo concentra grande esforço na redução dos custos da qualidade e no aperfeiçoamento da eficiência e eficácia de todas as operações que visam atender as necessidades dos clientes (Bañuelas; Antony, 2004).

A ferramenta DMAIC trata-se de uma resolução de problemas passo a passo que abrange o agrupamento de outras ferramentas específicas de qualidade (Bezerra et al. 2010). O objetivo do DMAIC é identificar de maneira clara o problema a partir de um conjunto de técnicas e ferramentas lógicas entregando, ao fim de sua aplicação, soluções de acordo com as necessidades da organização (Perez-Lopez; Garcia-Cerdas, 2014).

A metodologia em si apresenta uma rígida estrutura para identificação de problemas, análise, formulação de ações, aplicação de melhorias e controle do processo, o que justifica suas iniciais (D- Definir, M- Medir, A- Analisar, I-Melhorar e C- Controlar) características que contribuem pelo amplo reconhecimento de muitos autores da qualidade e efetividade da ferramenta (Fernandes et Al., 2018).

#### **2.4.1 Definir**

Nessa etapa, são escolhidos os projetos Six Sigma que tenham potencial para melhorar o desempenho, buscando atender às necessidades do cliente. Isto colabora com a empresa para que a mesma reconheça os processos e a maneira com a qual eles colaboram negativamente com a lucratividade da mesma. Esta etapa conta com treinamento e orientação para o uso das técnicas bem como às ferramentas que poderão e deverão ser utilizadas.

Lynch e Cloutier (2003) diz que os objetivos dessa etapa são:

- Claro entendimento para a discussão do problema;
- Identificação de variáveis de saída e entrada do processo;
- Apurar responsabilidades, etapas do processo e estabelecimento de objetivos;
- Organizar o grupo de trabalho;

- Obter entendimento do mérito do projeto;
- Definir de forma clara o entendimento do problema, entender o que será melhorado e como será medido;
- Listar os processos e produtos;
- Levantar dados históricos do processo;
- Mapear o processo e delimitar o escopo do projeto de melhoria;
- Confeccionar a carta do projeto;
- Fazer um cronograma para o projeto.

#### 2.4.2 Medir

Já na fase medir, é onde as variáveis são identificadas e quantificadas.

Lynch e Cloutier (2003) afirma que estes são os objetivos propostos nesta etapa:

- Documentar um processo existente;
- Estabelecer técnicas para a coleta de dados (o que, onde e como);
- Coletar os dados necessários para a análise;
- Verificar se o sistema de medição é adequado;
- Estabelecer a situação atual das características de qualidade e das variáveis de processo;
- Verificar se o sistema de medição é adequado;
- Estabelecer a situação atual das características de qualidade e das variáveis de processo;
- Fazer estudo de capacidade e determinar o nível sigma do processo;
- Apresentar os dados graficamente.

#### 2.4.3 Analisar

Nesta etapa são analisadas as variáveis que impactam o problema e são estabelecidas metas individuais para cada uma das variáveis chamadas de prioritárias.

De acordo com Lynch e Cloutier (2003) estes são os objetivos propostos nesta etapa:

- Estreitar o foco do projeto para reunir informações da situação atual;
- Descobrir as fontes potenciais de variação, através do entendimento da relação

entre as variáveis X e Y;

- Reduzir o número de variáveis de processo que serão aprimoradas na etapa de melhoria;
- Identificar e controlar o risco das variáveis de entrada;
- Realizar análises estatísticas e testes de significância das variáveis X e Y.

#### **2.4.4 Melhorar**

A etapa melhorar (Improve) tem relação com a ideia de eliminar potenciais soluções das causas fundamentais, correlacionando com a etapa analisar.

Wekerma (2002) diz que às principais atividades dessa etapa são:

- Gerar ideias de soluções potenciais para eliminação de causas fundamentais do problema;
- Priorizar as soluções;
- Avaliar os riscos das soluções, e caso seja possível, fazer pequenos testes;
- Identificar e implementar melhorias ou ajustes nas soluções apresentadas;
- Elaborar e executar um plano de ação para a implementação das soluções em larga escala.

#### **2.4.5 Controle**

Na etapa controle são estabelecidos alguns mecanismos para que sejam acompanhados os desempenhos dos processos estabelecidos.

Lynch e Cloutier (2003) afirma que estes são os objetivos propostos nesta etapa:

- Confirmação da melhoria implementada;
- Confirmação de que o problema foi resolvido;
- Validação dos benefícios recebidos pela melhoria;
- Alterações necessárias nos procedimentos e instruções de trabalho;
- Implementação de ferramentas de controle onde seja necessário, como por exemplo, cartas de controle e etc.

- Auditoria do processo, monitoramento do desempenho e métricas.

### 3 METODOLOGIA

No contexto da abordagem metodológica Lean Six Sigma, algumas ferramentas de grande relevância para o projeto em questão merecem destaque, tais como: a técnica de Tempestade de Ideias (*Brainstorm*), a Matriz Esforço-e-Impacto, o Mapa de Processo, o método 5W2H e o Plano de Controle. De uma maneira abrangente, essas ferramentas desempenham um papel fundamental na identificação de pontos críticos e na proposição de aprimoramentos, alinhando-se com os princípios e diretrizes das metodologias subjacentes.

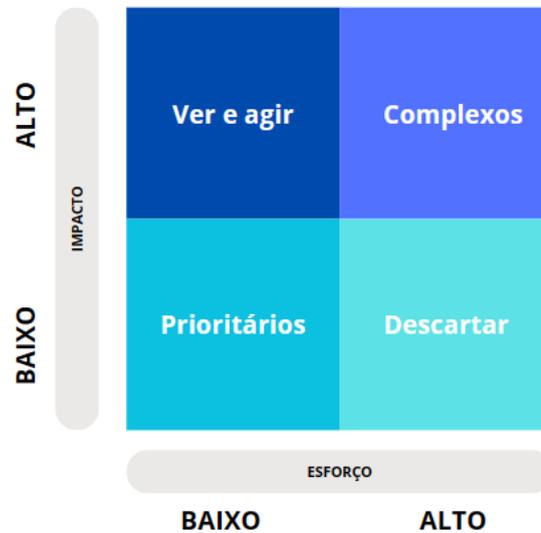
#### 3.1 TEMPESTADE DE IDEIAS

*Brainstorming* ou tempestade de ideias, trata-se de uma etapa conjunta onde os membros originam novas ideias, conceitos e resoluções para qualquer tópico, em um ambiente isento de críticas e limitações à imaginação. O propósito da abstenção de julgamento é capacitar a criação de ideias, transcendendo a inclinação para avaliar e criticar. Esses conjuntos de indivíduos englobam uma variedade de perspectivas, tanto nos aspectos técnicos quanto nos comportamentais. A diversidade de opiniões e visões, idealmente a completa multidisciplinaridade, é um poderoso ingrediente em todas as técnicas de grupo. O propósito do brainstorming é criar e detalhar ideias, através da diversidade de opiniões a partir de um processo de criatividade de grupo (Paris, 2002).

#### 3.2 MATRIZ ESFORÇO-E-IMPACTO

A Matriz de Esforço x Impacto visa selecionar itens por meio de afinamento dos que são mais práticos de serem trabalhados na melhoria, eliminando aqueles que dependem de altos gastos de energia com retornos baixos. Às ações do quadrante de alto esforço e baixo impacto quando realizadas, não trazem resultados relevantes, pois nelas é gasto muito tempo para serem executadas e refletem em um impacto não significativo.

Deste modo, essas ações precisam ser evitadas sempre que possível. Vale ressaltar que é dispendioso e ineficiente investir em melhorias para fatores complexos e dificilmente mutáveis, sendo prioritário investir naqueles que apresentem baixo esforço e alto impacto. (Dantas et al, 2021). É possível visualizar os quadrantes na Figura 5.

**Figura 5.** Matriz Esforço x Impacto

Fonte: A autora (2023)

### 3.3 MAPA DE PROCESSO

Mapa de processo é uma ferramenta gerencial que tem por objetivo colaborar para a melhora dos processos que já existem dentro da área trabalhada ou simplesmente implantar uma nova estrutura voltada para processos. Este mapeamento também faz com que a empresa consiga ver com clareza seus pontos fortes tanto quanto os seus fracos (lê-se pontos com oportunidades de melhoria, como por exemplo, redução de custos). Além de melhorar o entendimento sobre os processos, tem por objetivo buscar um melhor entendimento dos processos de negócios existentes e dos futuros para superar o nível de satisfação do cliente e colaborar com o aumento do desempenho do negócio. Algumas das abordagens para realizar o Mapeamento de Processos, são: entrevistas, questionários, reuniões, workshops, observação de campo, análise da documentação, análise de sistemas e coleta de evidências (Petenate, 2013).

### 3.4 5W2H

O método 5W2H consiste em uma série de perguntas direcionadas ao processo produtivo e permite identificar as rotinas mais importantes, detectando seus problemas e apontando soluções (Lisboa; Godoy, 2012).

É uma ferramenta prática que permite, a qualquer momento, identificar dados e rotinas

mais importantes de um projeto ou de uma unidade de produção (SEBRAE, 2008). Se tratando do Lean Six Sigma, o mesmo é utilizado como um plano de ação.

O significado da sigla 5W2H resumido por: What (O quê?): definem-se as tarefas que serão realizadas seguindo o plano de execução; When (Quando?) estabelece-se um cronograma detalhado dos prazos para o cumprimento das tarefas; Who (Quem?): determinam-se quais serão as pessoas responsáveis pelas tarefas; Where (Onde?): define-se em que local as tarefas serão realizadas; Why - (Por quê?): significa a razão pelas quais as tarefas devem ser executadas; How - (Como?): traçam-se as maneiras mais racionais e econômicas de executar as tarefas; How Much - (Quanto Custa?): determinam-se quais serão os custos para a realização das tarefas (Pereira & Magalhães, 2021; Araújo et al., 2018; Grilo et al., 2016).

Segundo o Sebrae (2008), a técnica 5W2H é uma ferramenta simples, porém poderosa, para auxiliar a análise e o conhecimento sobre determinado processo, problema ou ação a serem efetivadas, podendo ser usado em três etapas na solução de problemas:

- a) Diagnóstico: na investigação de um problema ou processo, para aumentar o nível de informações e buscar rapidamente as falhas;
- b) Plano de ação: auxiliar na montagem de um plano de ação sobre o que deve ser feito para eliminar um problema;
- c) Padronização: auxilia na padronização de procedimentos que devem ser seguidos como modelo, para prevenir o reaparecimento de modelos.

Um exemplo para esse tipo de ferramenta, encontra-se na Figura 6, onde mostra a forma certa da tabela bem como as lacunas que são preenchidas durante o momento de discussão com a equipe.

**Figura 6. 5W2H**

What?	Why?	Where?	When?	Who?	How?	How much?
O quê?	Por quê?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto?

Fonte: A autora (2024)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O que se segue deste estudo, foi iniciado com a coleta de dados feito pela equipe do projeto e em sequência, foi escolhido que seriam utilizadas ferramentas de melhoria contínua do ciclo DMAIC. É possível acompanhar toda a realização do projeto em cada tópico seguintes.

### 4.1 ETAPA MEDIR

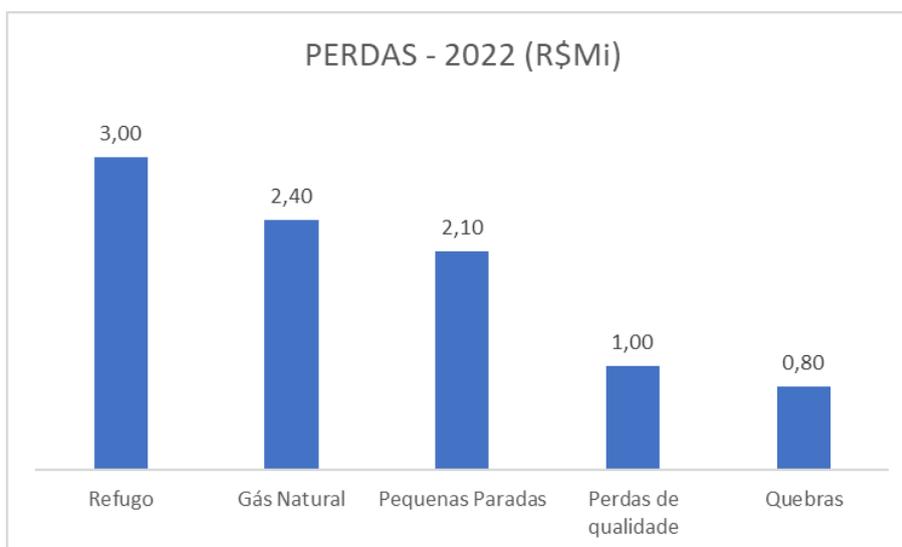
Nesta etapa, é feita a coleta de dados para o mapeamento e identificação de perdas, bem como definições que são feitas durante toda a trajetória do projeto. Com essa fase bem estruturada, é possível criar uma boa base de dados para futuramente planejar ações mais assertivas e satisfatórias para o foco do estudo.

Uma das ferramentas importantes é o contrato de projeto, ou *Project Charter* que desempenha o papel crucial de ser considerado como o contrato oficial do projeto, consolidando informações fundamentais na fase inicial. Este documento abarca uma variedade de elementos, incluindo a descrição do projeto, sua meta, os resultados esperados, o escopo, a composição da equipe responsável pela execução, o cronograma planejado e a aprovação necessária. Nesse contexto, as informações iniciais, com especial atenção para a meta que deve ser claramente definida (Linderma, 2003), são devidamente formalizadas por meio do *Project Charter*. É válido salientar que, embora não haja um modelo predefinido para o *Project Charter*, é essencial que a maioria das informações mencionadas anteriormente esteja integralmente contemplada no documento.

Além do mais, é nela onde é definida a equipe do projeto, onde após a validação efetuada pelo departamento financeiro em relação ao retorno financeiro estabelecido para a iniciativa, é formada uma equipe multifuncional. O propósito dessa equipe é reunir membros que pudessem contribuir com uma variedade de habilidades, conhecimentos e experiências essenciais para a efetiva execução do projeto em questão.

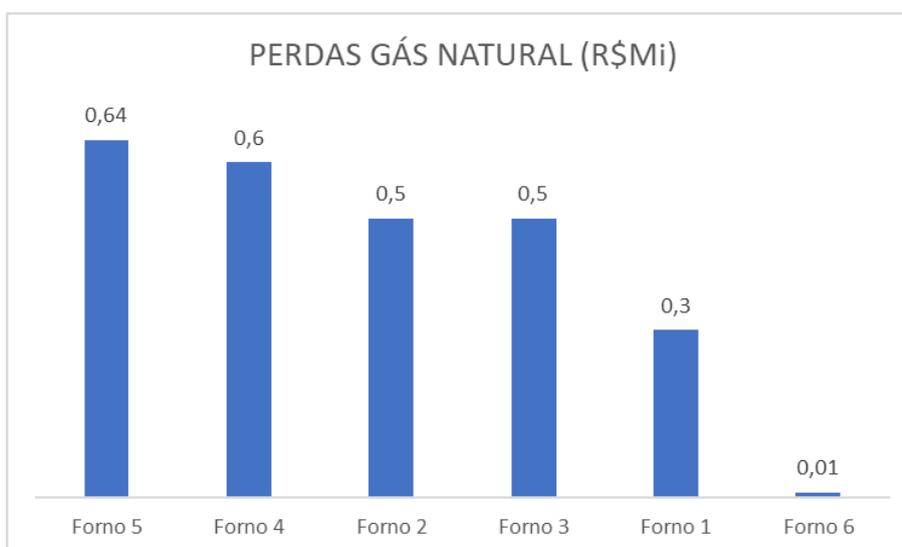
#### 4.1.1 Mapeamento e identificação de perdas

Inicialmente, foram mapeadas as perdas com maior impacto financeiro para a fábrica em questão, podendo ser visualizadas na Figura 7.

**Figura 7.** Impactos financeiros

Fonte: A autora (2024)

Dado que os depósitos de gás natural e petróleo são a maior fonte de alcanos disponível (McMurry, 2008). O gás natural é constituído principalmente de metano ( $\text{CH}_4$ ), estando presentes também etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ) e butano ( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ). O relatório do IPCC (2022, p. 48) ressalta a nocividade desses compostos para o efeito estufa. As emissões de metano têm exercido um impacto adverso no planeta, resultando em um aumento significativo das temperaturas e concentrações de ozônio na superfície. Atualmente, o metano é identificado como o principal contribuinte para o aumento da temperatura global. Com isto em mente, o projeto de *Yellow Belt* citado vai trabalhar com a redução de gás natural em fornos, mas, afinando ainda mais o projeto, foi feito o pareto dos fornos da fábrica que têm mais perda de gás natural por meio de seu uso, sendo apresentados na Figura 8.

**Figura 8.** Consumo de gás de acordo com fornos

Fonte: A autora (2024)

Os dois primeiros fornos apresentados fazem parte de uma linha de chocolates em específico, sendo a mesma utilizada para o projeto citado.

#### 4.1.3 Definição de KPIs

Com a equipe bem estruturada, foi feito um exercício de escolha dos KPIs utilizados. KPI nada mais é do que uma sigla do inglês que significa *Key Performance Indicator*, é um indicador chave de performance. Conforme mencionado por Parmenter (2007), os Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs) podem ser configurados através da combinação de um ou mais indicadores. Esses KPIs constituem um conjunto de medidas voltadas para os aspectos considerados mais cruciais no contexto do desempenho satisfatório e alcance dos objetivos organizacionais.

Foram apresentadas cinco fórmulas para cálculos dos 5 KPIs principais onde às fontes dos dados são em sua maioria oriundas do *prdCloud*, plataforma da empresa que permite coleta de dados de produção, EMS (Energy Measure System), plataforma da empresa que permite coleta de dados de consumo de gás natural e dados da distribuidora de gás.

O primeiro deles, foi a taxa média de consumo de gás natural, onde nela é acompanhado o quanto foi consumido em  $m^3$  de gás natural por tonelada de produto acabado. Visando entender a correlação entre o produto que chega à etapa final do processo e o quanto é gasto em sua fabricação. Nele, são indicadas três taxas médias de consumo: A da linha de chocolates,

dado pela média entre seus fornos, a do seu forno 4 e a do seu forno 5. Sendo sua unidade de medida m<sup>3</sup>/ton.

O valor de cada KPI, bem como sua fórmula, no baseline citado para estudo de caso pode ser visualizado na Tabela 1:

**Tabela 1. KPIs**

<b>KPIs</b>	<b>Fórmulas</b>	<b>Resultados</b>
KPI 1: Taxa média consumo de gás natural (m <sup>3</sup> /mês)	$\frac{(A + B)}{C}$	Linha: 147,27 Forno 4: 160,75 Forno 5: 133,79
KPI 2: Consumo médio de gás natural (m <sup>3</sup> /mês)	$A + B$	Forno 4: 45.795 Forno 5: 38.118
KPI 3: Produção média aprovada (ton/mês)	$\frac{D}{E}$	Linha: 580,2
KPI 4: Custo médio calculado de gás natural (R\$/m <sup>3</sup> )	$\frac{F}{G}$	Forno 4: 153.413,25 Forno 5: 127.695,30
KPI 5: Consumo horário de gás natural (m <sup>3</sup> /h)	$\frac{H}{I}$	Forno 4: 75,98 Forno 5: 63,39

Fonte: A autora (2024)

Onde: A: é o consumo de gás do forno X diário (m<sup>3</sup>/ton);

B: é o consumo de gás do forno Y diário (m<sup>3</sup>/ton);

C: é o somatório diário de volume produzido (ton);

D: é o somatório de produção mensal (580,2tons);

E: mês;

F: Custo do m<sup>3</sup> de gás natural (R\$);

G: 1m<sup>3</sup> de gás natural;

H: somatório do consumo de gás natural no dia (m<sup>3</sup>);

I: intervalo de tempo de um dia (24h).

## 4.2 ETAPA MEDIR

Nesta fase essencial do processo, é necessário colocar em destaque a atual situação, demandando a participação e colaboração intensiva de todos os membros da equipe multifuncional do projeto. O objetivo principal é conduzir uma análise aprofundada, dedicando esforços para observar e avaliar minuciosamente o impacto do problema que foi meticulosamente definido na fase precedente do projeto. Essa abordagem tem por objetivo a garantia de uma compreensão abrangente da situação, permitindo a identificação de nuances e a mensuração precisa do impacto do desafio em questão. Para que isso fosse possível, foram realizadas visitas à área de análise (conhecida por *workout*) para que fosse alcançável um mapeamento conciso de processo, onde foi feito um exercício de mapeamento de processo que contava com o todo o intervalo analisado do processo.

### 4.2.1 *Workout*

É no *workout* onde são mapeadas as possíveis variáveis de entrada que impactam o processo, são eles os X's potenciais. Com isso, é possível identificar as oportunidades de melhoria. Nela são considerados vários aspectos como por exemplo de meio ambiente e GMP (Boas práticas de manufatura). Como é feita acompanhada do time técnico, é possível enxergar um lado mais técnico destas oportunidades. Com essa observação presencial no local, foram levantadas cerca de 21 potenciais oportunidades no processo no primeiro momento. Elas são classificadas de acordo com as suas dificuldades, sendo às consideradas simples, separadas em um grupo onde poderão ser solucionadas em até 21 dias e às demais como não simples, onde levaram mais de 21 dias para serem executadas dentro de um plano de ação. O **Quadro 1** mostra as oportunidades mapeadas no primeiro *workout*.

**Quadro 1.** Mapeamento de oportunidades do *workout*

(continua)

<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>SIMPLES</b>	<b>NÃO SIMPLES</b>
Falta de procedimento de regulagem da chama	x	
Falta de padrão de ajuste de formato da chama	x	
Falta de padrão de ajuste de coloração da chama	x	

(conclusão)

Falta de procedimento para limpeza dos queimadores	x	
Falta de procedimento de partida de planta	x	
Falta de procedimento de parada de planta	x	
Temperatura da massa abaixo do especificado		x
Falta de procedimento em paradas corretivas (não programadas)		x

Fonte: A autora (2024)

### 4.3 ANALISAR

Nesta etapa, após a coleta de informações necessárias para se dimensionar a perda, foram mapeadas as causas potenciais. Com isso, foi feito um estudo da capacidade inicial utilizando os parâmetros de consumo dos fornos, bem como foi construído um mapa de processo por meio de um aplicativo chamado *draw.io* onde nele foram sinalizados os fatores que podem relacionar e impactar às perdas de gás natural decorrente dos fornos. Com os X's potenciais em mãos, foi possível classificá-los de acordo com o seu comportamento e a dimensão do impacto do processo.

#### 4.3.1 Estudo da capacidade inicial

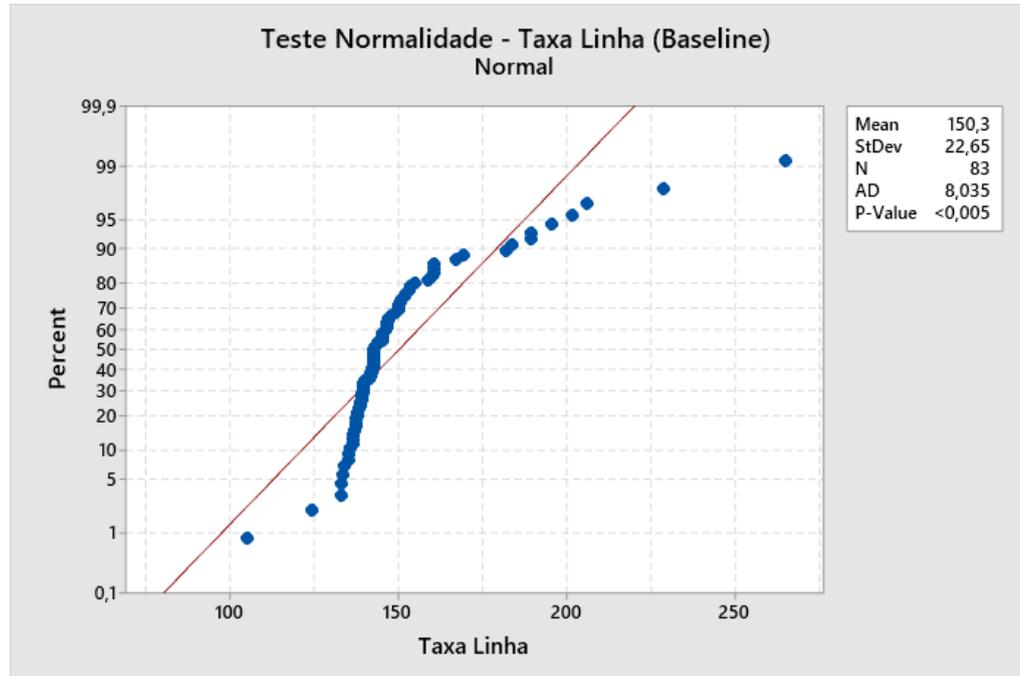
Para o estudo da capacidade inicial, utilizou-se o software Minitab, onde nele foi feito o estudo da normalidade analisando quanto gás natural é consumido nos fornos X e Y. É importante salientar que este estudo é de extrema importância porque nele é possível ter uma visão geral da situação da variável que está sendo analisada.

O período de coleta de dados foi o mesmo do *baseline* (setembro/22 - dezembro/22) para fazer o *crosscheck* do antes e depois das melhorias implementadas. Os dados para o cálculo de capacidade foram retirados da plataforma QualitySuite, utilizado na empresa para o acompanhamento de parâmetros de processo; EMS que se trata da plataforma da empresa utilizada para o acompanhamento de consumo de gás natural e ao prdCloud, plataforma própria da empresa que recolhe os dados de produção. É importante ressaltar que são dados confiáveis, de fontes confiáveis e que o único impedimento para a coleta deles viria a ser uma instabilidade

do sistema ocasionada por quedas de energia, por exemplo.

Com isso, no Minitab, foi feito o teste de normalidade na linha como um todo apresentado nas Figura 9 abaixo.

**Figura 9.** Teste de normalidade da linha



Fonte: A autora (2024).

É necessário sinalizar que para o nível de significância escolhido,  $p < 0,05$ , tem-se que se deve rejeitar hipótese nula, e concluir que existe uma diferença significativa entre as médias, ou seja, os dados não possuem configuração normal apresentando um valor de  $p\text{-value} < 0,005$ .

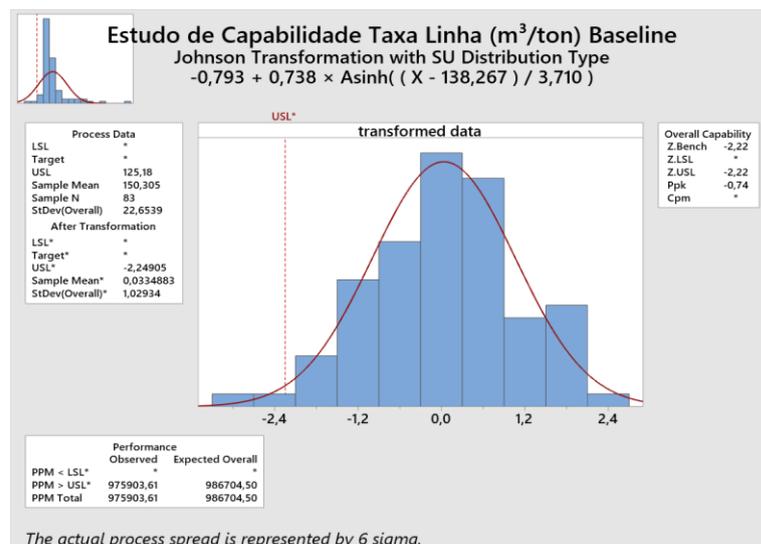
Com isso, foi necessário utilizar a transformação de Johnson, visto que ela se configura melhor na distribuição para a representatividade dos dados. Isto é, ela tem o maior valor para  $p$  e o menor para AD, conforme visualizado na Figura 10.

**Figura 10.** Teste de qualidade de ajuste**Goodness of Fit Test**

Distribution	AD	P	LRT P
Normal	1,335	<0,005	
Box-Cox Transformation	0,856	0,026	
Lognormal	1,238	<0,005	
3-Parameter Lognormal	0,485	*	0,001
Exponential	26,895	<0,003	
2-Parameter Exponential	1,188	0,056	0,000
Weibull	2,422	<0,010	
3-Parameter Weibull	0,364	0,457	0,000
Smallest Extreme Value	2,569	<0,010	
Largest Extreme Value	0,623	0,099	
Gamma	1,293	<0,005	
3-Parameter Gamma	0,359	*	0,000
Logistic	1,173	<0,005	
Loglogistic	1,107	<0,005	
3-Parameter Loglogistic	0,580	*	0,002
Johnson Transformation	0,184	0,905	

Fonte: A autora (2024)

Feito isso, a transformação de Johnson foi aplicada para todos os parâmetros, visando obter um novo relatório de capacidade do processo com os dados adequados por meio do teste de normalidade. Esse resultado pode ser observado na Figura 11.

**Figura 11.** Estudo da capacidade do processo da linha

Fonte: A autora (2024)

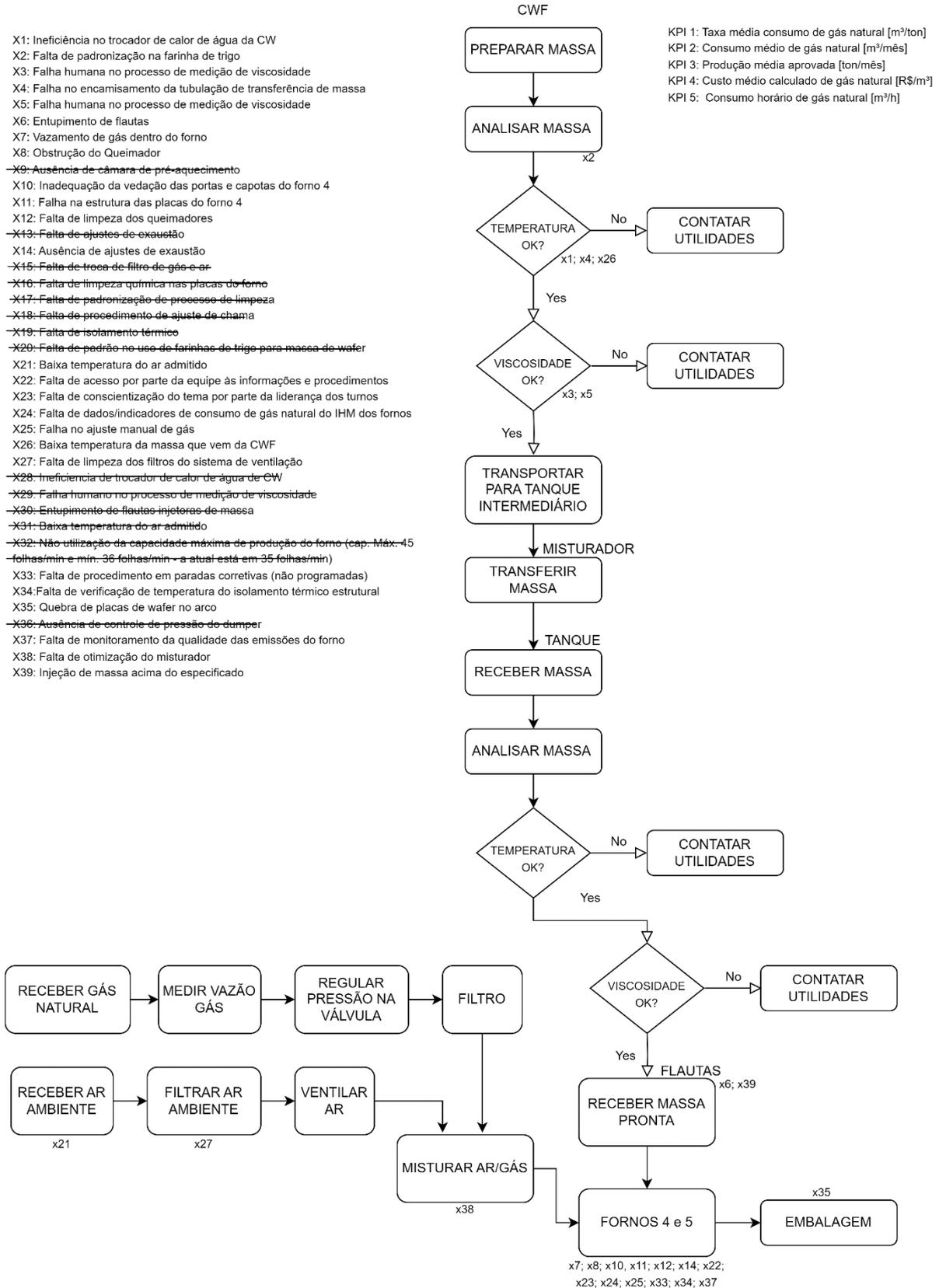
Feito isso, considerando o valor do Zbench mostrado, é possível obter o valor da capacidade sigma do processo. Para encontrar este valor, basta somar 1,5 ao valor de Zbench. O resultado, trata-se da capacidade *sigma* (Minitab, 2023). Com isto, é possível obter um valor de 0,7 para o nível *sigma*, que é muito abaixo do esperado resultando em total de 986704,5 partes por milhão.

### 4.3.2 Mapa de Processo

Com o objetivo de entender mais profundamente o processo e a identificação de possíveis oportunidades dentro do mesmo, foi gerado um mapa de processo, que pode ser visualizado na Figura 12, que descreve o processo produtivo da linha da chegada de massa no forno até o arco de resfriamento. Nele, foram identificados fatores considerados potencialmente críticos e que, de alguma forma, pudessem impactar os KPIs já citados, esses são os chamados X's vitais do processo. Com isso, foi possível fazer uma pesquisa mais detalhada nas partes do processo que poderiam oferecer algum risco para a não entrega dos resultados.

Com isto, é possível observar que PPM global esperado é maior que o observado de forma que o desempenho está abaixo do padrão. Com essa informação, é possível enxergar qual a ordem prioritária de ações dentro de um plano de ação, juntamente com o uso de outras ferramentas para trazer o resultado esperado.

Figura 12. Mapa de processo



Fonte: A autora (2024).

Nele, foram possíveis identificar os seguintes X potenciais sinalizados na figura, onde sua abertura pode ser vista no Quadro 2 que foram classificadas por: Ver e agir, ações rápidas que não demandam um planejamento estratégico; prioritário, que deverão ser feitos o quanto antes, e complexo que demanda tempo.

**Quadro 2.** Xs potenciais

(continua)

<b>X potencial</b>	<b>Motivo</b>
X <sub>1</sub>	Ineficiência no trocador de calor de água da CWF
X <sub>2</sub>	Falta de padronização na farinha de trigo
X <sub>3</sub>	Falha humana no processo de medição de viscosidade
X <sub>4</sub>	Falha no encaminhamento da tubulação de transferência de massa
X <sub>5</sub>	Falha humana no processo de medição de viscosidade
X <sub>6</sub>	Entupimento de flautas de dosagem
X <sub>7</sub>	Vazamento de gás dentro do forno
X <sub>8</sub>	Obstrução do queimador
X <sub>9</sub>	Ausência de câmara de pré-aquecimento
X <sub>10</sub>	Inadequação da vedação das portas e capotas do forno 4
X <sub>11</sub>	Falha na estrutura das placas do forno 4
X <sub>12</sub>	Falha de limpeza dos queimadores
X <sub>13</sub>	Falta de ajustes de exaustão
X <sub>14</sub>	Ausência de ajustes de exaustão
X <sub>15</sub>	Falta de troca de filtro de gás de ar
X <sub>16</sub>	Falta de limpeza química

(continuação)

X <sub>17</sub>	Falta de padronização no processo de limpeza
X <sub>18</sub>	Falta de procedimento de ajuste de chama
X <sub>19</sub>	Falta de isolamento térmico
X <sub>20</sub>	Falta de padrão no uso de farinhas de trigo para massas
X <sub>21</sub>	Baixa temperatura do ar admitido
X <sub>22</sub>	Falta de acesso por parte da equipe às informações e procedimentos
X <sub>23</sub>	Falta de conscientização do tema por parte da liderança
X <sub>24</sub>	Falta de dados/indicadores de consumo de gás natural do IHM dos fornos
X <sub>25</sub>	Falha no ajuste manual de gás
X <sub>26</sub>	Baixa temperatura da massa que vem da CWF
X <sub>27</sub>	Falta de limpeza dos filtros do sistema de ventilação
X <sub>28</sub>	Ineficiência do trocador de calor de água da CWF
X <sub>29</sub>	Falha humana no processo de medição de viscosidade
X <sub>30</sub>	Entupimento de flautas injetoras de massa
X <sub>31</sub>	Baixa temperatura do ar admitido
X <sub>32</sub>	Não utilização da capacidade máxima de produção do forno
X <sub>33</sub>	Falta do procedimento em paradas

(conclusão)

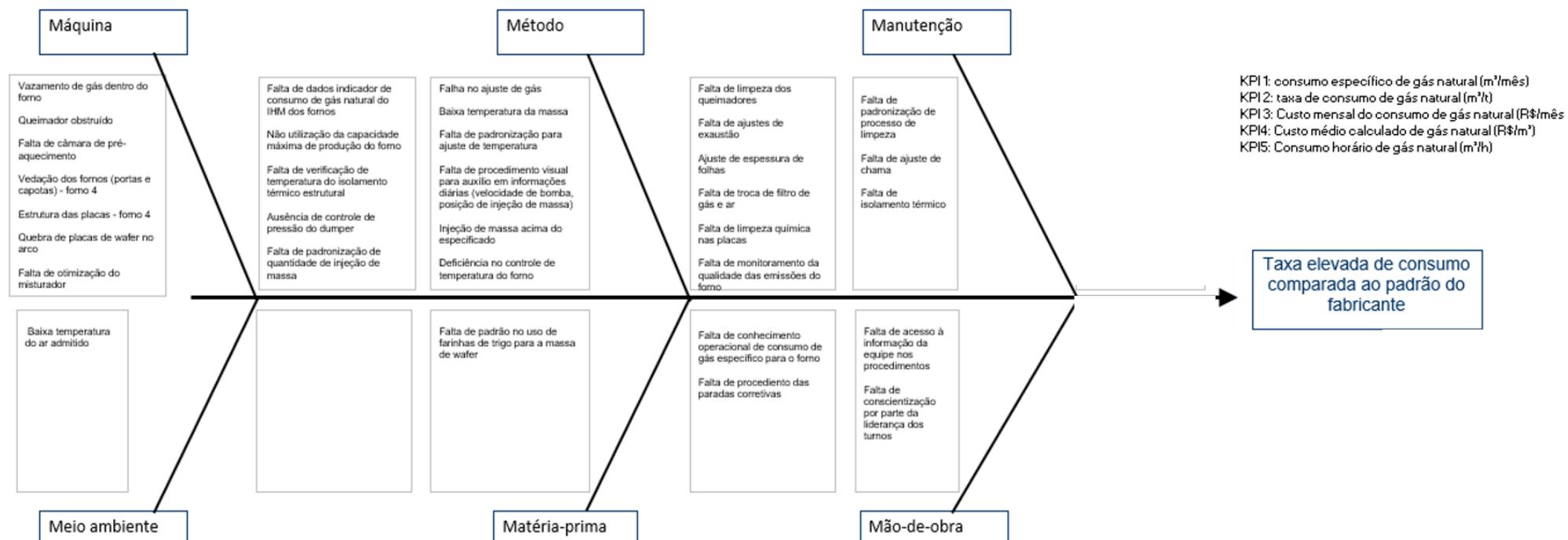
X <sub>34</sub>	Falta de verificação de temperatura do isolamento térmico estrutural
X <sub>35</sub>	Quebra de placas de <i>wafer</i> no arco
X <sub>36</sub>	Ausência de controle de pressão no dumper
X <sub>37</sub>	Falta de monitoramento da qualidade das emissões do forno
X <sub>38</sub>	Falta de otimização do misturador
X <sub>39</sub>	Injeção de massa acima do especificado

Fonte: A autora (2024)

### 4.3.3 Diagrama Causa e efeito

A partir dessas variáveis identificadas, procedeu-se ao desenvolvimento de um Diagrama Causa e Efeito, com o intuito de aprofundar com detalhes e investigar outras possíveis causas relacionadas ao problema em questão, utilizando a estrutura analítica dos 6M (Mão de obra, Método, Matéria-prima, Máquina, Meio ambiente e Medida). O mencionado diagrama, resultante desse processo, está disponível para visualização na Figura 13.

Figura 13. Diagrama de Causa-e-efeito



Fonte: a autora (2024)

É possível observar como as diversas causas potenciais estão conectadas entre si e como cada uma delas pode desempenhar um papel significativo no contexto do problema em estudo. Com isso, foi atribuído uma escala de pontuação de 10 à 8 para correlação forte, de 7 à 4 para correlação média, de 3 à 1 para correlação fraca e 0 para correlação inexistente. Com isso, tem-se uma priorização de correlação com os KPI's monitorados onde faz-se possível concentrar esforços na abordagem prioritária dos elementos X que exercem maior impacto sobre o processo.

#### **4.3.4 Matriz esforço-e-impacto**

Depois dos mapeamentos apresentados acima, é necessário definir uma estratégia visando explorar profundamente cada uma destas variáveis. Com a matriz de esforço-e-impacto, foi possível classificar os X's potenciais. Há quatro combinações possíveis na matriz, onde uma delas é alto esforço e baixo impacto, e o X potencial que apresenta essas características é excluído do projeto devido a sua dificuldade e pouco retorno. Alto esforço e alto impacto, que é classificado como complexo ao sistema pois conta com um alto investimento para um possível retorno. Baixo esforço e baixo impacto, onde esses X's potenciais são considerados “ver e agir”, onde não demandam muito tempo para que sejam feitos e devem ser priorizados no plano de ação e por fim, baixo esforço e alto impacto, onde esses são os focos do time principal do projeto porque impactam os resultados do projeto e não demandam tanto esforço, sendo considerados agendas que impactam diretamente o resultado do projeto caso sejam bem controlados, os mesmos deverão ser feitos em até 21 dias e abaixo, na Figura 14, encontra-se a matriz já com os X potenciais sinalizados.

Figura 14. Matriz esforço e impacto

ALTO	X3; X7; X9; X13; X15; X16; X17; X18; X19; X20; X21; X22; X25; X26; X28, X31, X32; X36; X39	X27; X29; X30; X37; X38;
BAIXO	X1; X2; X4; X5; X6; X8; X11; X12; X14; X23, X24; X33; X34  Se 'Óbvio': levar para o 5W2H do Ver e Agir.	X10; X35  Plano de Ações 5W2H
	ALTO	BAIXO

Fonte: A autora (2024)

#### 4.4 MELHORAR

Depois da análise e mapeamento dos pontos que impactam nas perdas de gás natural, fez-se necessário a elaboração de planos de ação bem desenvolvidos, direcionado para pessoas chave que pudessem dar vazão ao tema. Na construção deles, foi feito um *brainstorming* visando determinar as soluções mais adequadas para as causas levantadas. Foi utilizada a ferramenta do 5W2H, onde nela foi possível visualizar com melhor detalhamento as ações.

##### 4.4.1 Planos de ação

Foram construídos planos de ação para algumas das ferramentas apresentadas. A primeira delas foi no *workout*, em seguida, foi feito o 5W2H da matriz esforço e por fim, um plano de ação de MSA (*Measurement Systems Analysis*) presente na Figura 15.

**Figura 15.** Algumas ações mapeadas

X's vitais (ou Oportunidades de melhoria)	Ações	O quê?	Quem?	Quando?	Onde?	Por quê?	Como?	Quanto?	Status (data)	Comentários
Falta de procedimento de regulagem da chama	<b>1</b>	Criar procedimento de regulagem da chama	Estagiária de Manufatura	09/fev	Forno 5 da Bis 3	Para garantir que a operação realize o passo a passo correto de regulagem evitando perda de gás natural	consultando modelo de outras fábricas: criar procedimento para verificação de proporção de injeção de ar+gás natural, altura, formato e coloração da chama	NA	Foi feita a consulta no modelo de biscoitos, porém visto que há muitas diferenças entre o modelo de fornos. Dessa forma, não foi dada a continuidade	Concluída
Falta de padrão de ajuste de formato da chama	<b>2.1</b>	Definir padrão de ajuste de formato da chama	Estagiária de Manufatura	09/fev	Forno 5 da Bis 3	Para garantir que a chama vai estar no formato ideal e reduzir o consumo específico de gás natural	consultando modelo de biscoitos: criar procedimento para verificação de proporção de injeção de ar+gás natural, altura, formato e coloração da chama	NA	Foi feita a consulta no modelo de biscoitos, porém visto que há muitas diferenças entre o modelo de fornos. Dessa forma, não foi dada a continuidade	Concluída
Falta de padrão de ajuste de formato da chama	<b>2.2</b>	Criar procedimento de ajuste de formato da chama	Estagiária de Manufatura	09/fev	Forno 5 da Bis 3	Para garantir que a operação realize o passo a passo correto de ajuste de formato da chama evitando perda de gás natural	consultando modelo de biscoitos: criar procedimento para verificação de proporção de injeção de ar+gás natural, altura, formato e coloração da chama	NA	Os forneiros foram consultados e foram levantadas ideias sobre possível padronização	Concluída
Falta de padrão de ajuste de coloração da chama	<b>3.2</b>	Criar procedimento de ajuste de coloração da chama	Estagiária de Manufatura	09/fev	Forno 5 da Bis 3	Para garantir que a operação realize o passo a passo correto de ajuste de coloração da chama evitando perda de gás natural	consultando modelo de biscoitos: criar procedimento para verificação de proporção de injeção de ar+gás natural, altura, formato e coloração da chama	NA	Os forneiros foram consultados e foram levantadas ideias sobre possível padronização	Concluída
Falta de procedimento para limpeza dos queimadores	<b>4</b>	Criar procedimento de limpeza dos queimadores	Estagiária de Manufatura	27/jan	Forno 5 da Bis 3	Para garantir que a operação realize o passo a passo correto de procedimento de limpeza dos queimadores evitando perda de gás natural	Verificando se já existe procedimento de limpeza e consultando planejador de manutenção	NA	Padrão já existente	Concluída

Fonte: A autora (2024).

Algumas dessas ações foram concluídas no tempo útil, porém algumas delas ficaram pendentes devido ao alto investimento financeiro. No mais, o que foi feito surtiu efeito positivo para os fornos, tendo em vista sua implementação.

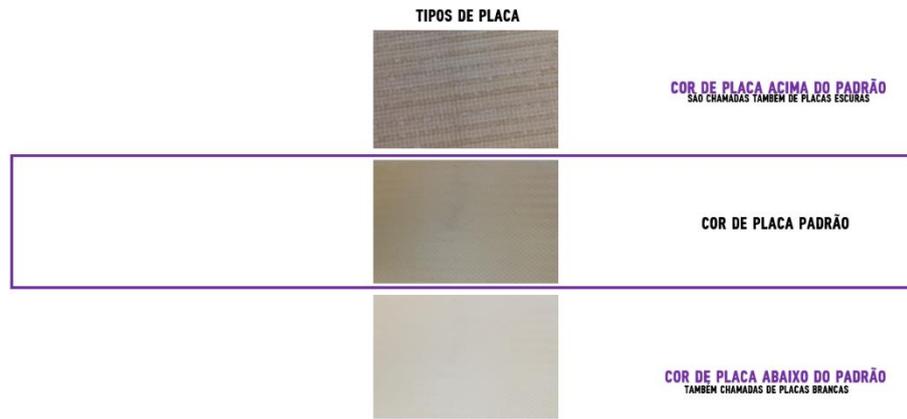
A exemplo, a falta de procedimento de regulagem de chamas. Foi feito um *genba*, que nada mais é do que ir ao local para entender o problema a fundo. Ele foi feito com a presença do técnico mecânico desses fornos que, em um momento de parada da linha, abriu a lateral dos fornos, conforme visto na Figura 16 onde foi possível entender todo o mecanismo do mesmo bem como as deficiências dentro do processo.

**Figura 16.** Parte interior dos fornos



Fonte: A autora (2024)

Com isso, foi possível mapear o tipo de placa que é considerada padrão das demais, de acordo com sua coloração e determinar parâmetros de mínimo e máximo para temperatura dos fornos que implica diretamente com a sua coloração, visto que quanto mais alta a temperatura mais assada seria a placa de *wafers* e influencia diretamente no quanto de gás é utilizado caso esteja assada de menos. De maneira análoga, para entendimento, é necessário visualizar o forno que tem 90 placas onde nelas é feita uma volta completa no forno, sendo a primeira delas com uma parte da placa virada para cima, e na volta, a outra parte. Caso a placa fique presa nesse forno, ou caso seja aplicada pouca massa, essa placa não é considerável para o processo produtivo, e desta maneira, é utilizado gás natural para uma placa que não vai trazer produto acabado como consequência, desta forma, é contabilizado como perda de gás natural da mesma forma. Além disso, foi setado como padrão o ajuste de gás e ar que já estavam sendo utilizadas por meio da criação de procedimento visual e quais ferramentas são utilizadas para que seja alterado esse tipo de parâmetro.

**Figura 17.** Tipos de placas

Fonte: A autora (2024)

## 4.5 CONTROLAR

Após a etapa de melhorar, onde são desenvolvidas e aplicadas às melhorias do projeto, se entra na fase de monitorar, que tem por objetivo a padronização e permanência dos resultados, fazendo com que se tenha um processo com variações mínimas e controladas. Esta etapa é crucial para o desenvolvimento do projeto pois sem ela, as ações e modificações correm o risco de entrarem no esquecimento sem um registro.

### 4.5.1 Plano de Controle

Com o objetivo de monitorar e gerenciar as variáveis do processo, foi feito um plano de controle com o foco de disseminar o conhecimento por meio de treinamentos e capacitações para a operação da área trabalhada, os fornos. Nele, foi possível criar planos de controle de determinados parâmetros que constam seus parâmetros, especificações do processo, frequência que deve ser feita a amostra e o responsável. É nele onde será possível visualizar as informações sobre aquele parâmetro em específico e a forma de reagir caso ele saia do controle. Lembrando que o objetivo é que ele não saia do controle, como o próprio nome sugere. Abaixo, é possível visualizar o plano de controle na Figura 18.

Figura 18. Plano de controle

Etapa do processo	Saídas	Entradas (X's vitais)	Especificações do processo	Capabilidade / Data	Técnica de medição	Resultado MSA (X's vitais)	Tamanho de amostra	Frequência de amostra	Método de Controle	Responsável	Plano de reação
Misturar ar + gás	KPI 1: Taxa média consumo de gás natural: - Linha 1 (147,27 m <sup>3</sup> /ton); - Forno 4 Linha (160,75 m <sup>3</sup> /ton);	Ajuste de chama forno 5 (proporção GN + Ar)	Manter a proporção de ar e gás, através da comparação entre o aspecto da chama com o padrão (foto padrão)	N.A.	Visual	NA	Gás: % Ar: mb	Mensal	Instrução de trabalho com fotos ilustrativas	Planejador de manutenção, Operador 3 (fornheiro), Técnico de Manutenção	Consultar os padrões de chama das IT: VSA CHO IT PRO 8.9-01-001 VSA CHO IT FS 7.1-07-080
Chapas de assar	- Forno 5 Linha (133,79 m <sup>3</sup> /ton);	Formação da chapa formadora de placa wafer	Limpeza Anual química e física da placa	antes = 0/1 ano		NA		Anual	Plano de inspeção	Especialista de manutenção	Plano de inspeção
Forno 5	KPI 2: Consumo médio de gás natural: - Forno 4 Linha (45.795 m <sup>3</sup> /mês);	Velocidade do forno 5	Forno 4: de 80% a 84% Forno 5: de 79,5% a 80, 5%	Ver dados do quality suite.	IHM	NA	%	Mensal		Especialista de processos	Plano de inspeção
Forno 5	- Forno 5 Linha (38.118 m <sup>3</sup> /mês);	Dosagem massa final forno 5 (injeção de massa)	Forno 5: 390-396 mm Alvo: 393 mm	0,00	IHM		milímetro	Contínua	Plano de inspeção	Especialista de processos	Plano de inspeção
Forno 5	KPI 3: Produção média aprovada: - Linha 580,20 ton/mês);	Volume de produção forno 5	Volume: 11,7-11,8 t/dia Alvo: 11,75 t/dia	N.A.	Conversão de unidades produzidas em peso no SAP	NA	toneladas	Contínua	Confrontação do volume de caixas produzidas x planejadas no plano de produção	Especialista de processos	Plano de inspeção
FORNO 4	KPI 4: Custo médio calculado (3,35 R\$/m <sup>3</sup> ) de gás natural: - Forno 4 Linha (R\$ 153.413,25/mês); - Forno 5 Linha (R\$ 127.695,3/mês);	Volume de produção forno 4	Volume: 11,73-11,78 t/dia	N.A.	Conversão de unidades produzidas em peso no SAP	NA	toneladas	Contínua	Confrontação do volume de caixas produzidas x planejadas no plano de produção	Especialista de processos	Plano de inspeção
FORNO 4	KPI 5: Consumo horário de gás natural: - Forno 4 Linha (75,98 m <sup>3</sup> /h);	Temperatura do forno 4	Temperatura: 148-150 °C Alvo: 149 °C	0,00	IHM	NA	°C	Contínua	Plano de inspeção	Especialista de processos	Plano de inspeção
FORNO 4	- Forno 5 Linha (63,39 m <sup>3</sup> /h);	Injeção de massa em placa do forno 4	Injeção: 337,1-377,4 mm Alvo: 337,4 mm	0,00	IHM	NA	milímetro	Contínua	Procedimento Carta controle no IHM	Fornheiro	Plano de inspeção
FORNO 4		Injeção de massa em placa do forno 4	Injeção: 369-375 mm Alvo: 372 mm	0,00	IHM	NA	milímetro	Contínua	Plano de inspeção	Especialista de processos	Plano de inspeção

Fonte: A autora (2024).

#### 4.5.2 Instrução de trabalho

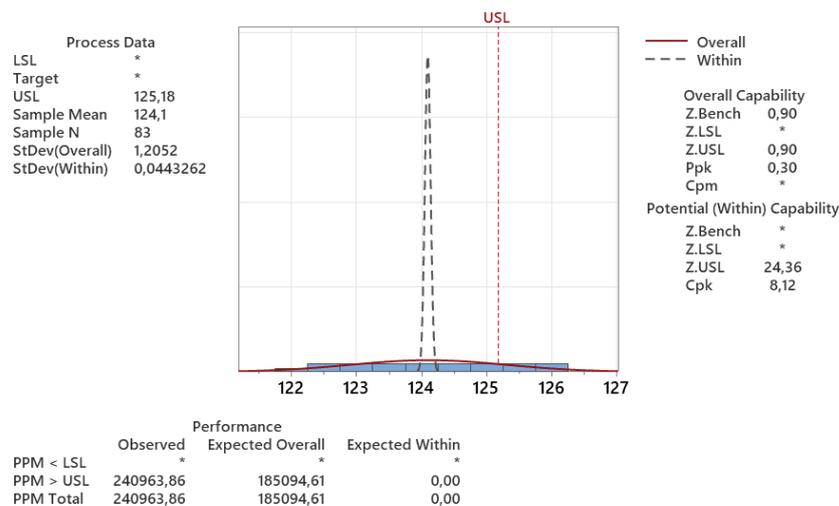
Para garantir que o procedimento de regulagem de chamadas bem como o restante de parâmetros dos fornos seja de fácil acesso visual para todo o time da operação, foi criada uma instrução de trabalho, que nada mais é do que um documento que passa pela validação dos especialistas de processo da área e fica arquivado nos documentos da fábrica, onde nela constam qual os parâmetros e intervalos aceitáveis para esses parâmetros. Ela fica próximo aos fornos, para ser consultada sempre que desejada. Esse procedimento tem por objetivo ser um documento de fácil entendimento, bem como fácil acesso e só é permitido fazer alterações em cima do documento original, de modo a ficar arquivado todas as informações anteriores. Esse documento foi de extrema importância para o desenvolvimento das alterações que fizeram parte de toda a metodologia e foi um fechamento para todas as ferramentas utilizadas até então.

#### 4.5.3 Capabilidade final do processo

Com as ações geradas e controladas, foi possível observar uma melhoria em relação aos resultados do processo, sendo visível pelo aumento do valor de Zbench, que passa a ser de 2,4 como é possível visualizar na Figura 19.

**Figura 19.** Capabilidade final

#### Process Capability Report for Taxa Linha



Fonte: A autora (2024).

Esse resultado confirma a melhoria e efetividade das ações que foram propostas. Sabe-se também que o DMAIC é uma ferramenta de melhoria contínua, de forma que o processo busca sempre a melhoria de forma a não colher os resultados, mas buscar sempre implementá-los. O objetivo ficou para ser replicado nos demais fornos das linhas de chocolates.

## 5 CONCLUSÕES

Esse trabalho aplicou ferramentas de melhoria contínua para a redução de gás natural em dois fornos de uma linha de chocolates em Vitória de Santo Antão, Pernambuco. Com a aplicação do ciclo DMAIC, foram utilizadas ferramentas de qualidade que buscassem trazer melhorias dentro de uma indústria visando seus impactos positivos no resultado.

Com os resultados obtidos por meio de cálculos de volume de produção por taxa de consumo de gás nos fornos desta linha, foi possível observar um ganho de R\$230.882,00 no período do estudo, sem ser necessário o gasto com nenhuma reposição de material ou compra.

Desta maneira, a metodologia provou ser eficaz e desta maneira, novos projetos virão com o objetivo de replicá-las para as demais linhas de processo em projetos de *Green Belt* e *Black Belt* tendo por objetivo redução de gás natural, bem como em outros processos semelhantes com o estudo apresentado.

## 6. REFERÊNCIAS

ALBERTIN, Marcos Ronaldo; PONTES, Heráclito Lopes Jaguaribe. **Gestão de processos e técnicas de produção enxuta**. Curitiba: InterSaber, 2016.

BALLESTERO-ALVAREZ, M.E. **Gestão de qualidade, produção e operações**. São Paulo: Atlas, 2010. BENTZEN, B. S.; SMD placement. 2004.

CAMPOS, L. M. S. **Introdução à Engenharia de Produção**. São Paulo: Ed. Abepro, 2008.

COHEN, Kelly de Oliveira; JACKIX, Marisa de Nazaré Hoelz. **Efeito do processo de conchagem nas características físicas e químicas do chocolate ao leite e de produtos análogos**. Documentos 268. Embrapa, jul. 2009. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/697553/efeito-do-processo-de-conchagem-nas-caracteristicas-fisicas-e-quimicas-do-chocolate-aoleite-e-produtos-analogos>>. Acesso em: 18 de nov. de 2023.

CHEN, R. et al. **Energy recovery potential of thermophilic high-solids co-digestion of coffee processing wastewater and waste activated sludge by anaerobic membrane bioreactor**. *Bioresource Technology*, v. 274, p. 127-133, 2019.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações: uma abordagem estratégica**. São Paulo: Atlas, 2008.

DANTAS, Ana Carolina Cardoso et al. **Aplicabilidade da metodologia seis sigma para a diminuição da ocorrência de infecções vulvovaginais**. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 1, p. 7523-7538, 2021.

DERELI, R. K. **Modeling long-term performance of fullscale anaerobic expanded granular sludge bed reactor treating confectionery industry wastewater**. *Environmental Science and Pollution Research*, v. 26, n. 24, p. 25037-25045, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05739-1>

DIGROCCO, Jesner Ricardo. **Ferramentas da Qualidade**. Administradores, São Paulo,

2008.

FONSECA, F. P.; DUTENKEFER, E. **Aspectos metodológicos na elaboração de mapas temáticos do Rio Grande do Norte**. O meio geográfico atual do Rio Grande do Norte: novas materialidades, novas dinâmicas. 1ed. Natal: Sebo Vermelho, 2018.

GRILO, F.; OLIVEIRA, H.; JUNIOR, P. (2016). **Matriz A3 – Uma abordagem acerca das diferentes complexidades dos problemas**. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 4. n. 6. p. 43-57.

INDEZEICHAK, V. **Análise do Controle Estatístico da Produção para empresa de pequeno porte: Um estudo de caso**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Paraná. Ponta Grossa. 2005.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. WMO, UNEP. 2022 p. 48.

LISBÔA, M. G. P. e GODOY, L. P. **Aplicação do método 5W2H no processo produtivo**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, v.4, n.7, p. 32-47, 2012.

LONGO, R. M. J. **Gestão da Qualidade: evolução histórica, conceitos básicos e aplicação na educação**. Seminário gestão da qualidade na educação: em busca da excelência. Brasília: IPEA, 1996.

LUCINDA, Marco Antônio. **Qualidade: Fundamentos e práticas para cursos de graduação**. Rio de Janeiro: Bradsport, 2010.

LYNCH, D.P. CLOUTIER, E.T. **5 steps to success**. ASQ Six Sigma Forum Magazine. Milwaukee: v. 2, n. 2, 2003 p.27-33.

MARTINS, P.G.; LAUGENI, F. P. **Administração na produção**. São Paulo: Saraiva, 2005.

MARTINS, M.E.A. **Aplicação da ferramenta controle estatístico de processo em uma indústria de embalagens.** Monografia (Pós-Graduação em Gestão Industrial) - Gerência de Pesquisa e Pós-Graduação. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2007.

MARTINS, P.G.; F. P. **Administração da produção.** 1ed. São Paulo: Saraiva, 1999.

MCMURRY, J. **Química Orgânica.** 6. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2008. v. 1. 925 p.

Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional - Resultados Preliminares 2006.** Disponível em: <[www.ben.epe.gov.br/script/BenResultadosPre2006.asp?CodSecao=2](http://www.ben.epe.gov.br/script/BenResultadosPre2006.asp?CodSecao=2)>. Acesso: 20 de nov. de 2023.

OLIVEIRA, O. J. et al. **Gestão da qualidade: tópicos avançados.** São Paulo: Thomson Learning, 2006.

PALADINI, E.P. **Qualidade total na prática: implementação e avaliação de sistemas de qualidade total.** São Paulo: Atlas, 1994.

PALADINI, E.P. **Gestão de qualidade no processo: a qualidade na produção de bens e serviços.** São Paulo: Atlas, 1995.

PALADINI, E.P. **Qualidade total na prática: implementação e avaliação de sistemas de qualidade total.** São Paulo: Atlas, 1997.

PARIS, Wanderson S. **MATERIAL DE APOIO DOS SEMINÁRIOS - Ferramentas da Qualidade.** Curitiba, 2002. Disponível em: <[http://torresnetworking.com/Ibpex/Ferramentas\\_da\\_Qualidade.pdf](http://torresnetworking.com/Ibpex/Ferramentas_da_Qualidade.pdf)>. Acesso 20 de nov de 2023.

PARMENTER, D. **Key Performance Indicators (KPI): Developing, Implementing, and Using Winning KPIs.** Hoboken: Wiley, 2007.

PÉREZ-LÓPEZ, Esteban; GARCÍA-CERDAS, Minor. **Implementación de la metodología DMAIC-Seis Sigma en el envasado de licores en Fanal**. Revista tecnológica en Marcha, v. 27, n. 3, p. ág. 88-106, 2014

PETENATE, A. J; Petenate, M. M.; Santos, V. F. M.; Petenate, G. M; Santos, M. F M. **Ferramentas da Qualidade. Uma abordagem prática para reduzir custos e defeitos em sua organização defeitos em sua organização**. Disponível em: <<http://www.edti.com.br/wp-content/uploads/2013/11/FerramentasQualidade.pdf>>. Acesso 20 de nov de 2023.

REIS, Humberto. **Gás Natural**. Recursos minerais de Minas Gerais (RMMG), 2023. Disponível em: <<http://recursomineralmg.codemge.com.br/substancias-minerais/gas-natural/>>. Acesso em: 22 de nov de 2023.

RODRIGUES, M. V. **Ações para Qualidade, Gestão Integrada para Qualidade**. Rio de Janeiro. Ed. Qualitymark. 2006

ROSÁRIO, M. B. do. **Controle estatístico de processo: um estudo de caso em uma empresa da área de eletrodomésticos**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de produção) – Departamento de pós-graduação. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

SEBRAE. **Ferramenta 5W2H**. Disponível em: <[http://trema.gov.br/qualidade/cursos/5w\\_2h.pdf](http://trema.gov.br/qualidade/cursos/5w_2h.pdf)>. Acesso em: 22 de nov. de 2023.

SELLEY, R.C. **Elements of Petroleum Geology**. 2ed. San Diego: Academic Press, 470p, 1998.

SLACK, Nigel; CHANBERS, Stuart; JOHSTON, Robert. **Administração da Produção**. Tradução por Maria Teresa Correa de Oliveira, Fábio Alher; Revisão técnica Henrique Luiz Corrêa. 2. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TRIVELLATO, A. **Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: Estudo de caso numa empresa de Autopeças**. Trabalho

de Conclusão de Curso (Graduação) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos 2010.

VERGUEIRO, Waldomiro. **Qualidade em serviços de informação**. São Paulo: Arte & Ciência, 2002.

WERKEMA, M. C. C. **Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos**. Belo Horizonte: Werkema Editora Ltda, 2006