

ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E CULTURA - AVEC
CENTRO UNIVERSITÁRIO FACOL - UNIFACOL
COORDENAÇÃO DO CURSO ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - BACHARELADO

DANILO DE OLIVEIRA SANTOS COSTA

**METODOLOGIA SEIS SIGMAS: UM ESTUDO PARA IDENTIFICAÇÃO DE
FALHAS DE QUALIDADE NOS PROCESSOS DE MANUFATURA UTILIZANDO O
MÉTODO DMAIC**

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - PE
2024

DANILO DE OLIVEIRA SANTOS COSTA

**METODOLOGIA SEIS SIGMAS: UM ESTUDO PARA IDENTIFICAÇÃO DE
FALHAS DE QUALIDADE NOS PROCESSOS DE MANUFATURA UTILIZANDO O
MÉTODO DMAIC**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia de Produção, do Centro Universitário FACOL – UNIFACOL, como requisito parcial à obtenção do título de bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Engenharia da Qualidade.

Orientador:

Prof. Dr. André Philippi Gonzaga de Albuquerque.

VITÓRIA DE SANTO ANTÃO - PE
2024

ASSOCIAÇÃO VITORIENSE DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E CULTURA - AVEC
CENTRO UNIVERSITÁRIO FACOL - UNIFACOL
COORDENAÇÃO DE TCC DO CURSO DE ENGENHARIA DA PRODUÇÃO

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ATA DE DEFESA

Nome do Acadêmico: Danilo de Oliveira Santos Costa

Título do Trabalho de Conclusão de Curso: Metodologia seis sigmas: um estudo para identificação de falhas de qualidade nos processos de manufatura utilizando o método DMAIC.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentada ao Curso de Engenharia da Produção do Centro Universitário FACOL - UNIFACOL, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharelado em Engenharia da Produção.
Área de Concentração: Engenharia da Qualidade.

Orientador: Prof. Dr. André Philippi Gonzaga de Albuquerque.

A Banca Examinadora composta pelos Professores abaixo, sob a Presidência do primeiro, submeteu o candidato à análise da Monografia em nível de Graduação e a julgou nos seguintes termos:

Professor: _____

Julgamento – Nota: _____ Assinatura: _____

Professor: _____

Julgamento – Nota: _____ Assinatura: _____

Professor: _____

Julgamento – Nota: _____ Assinatura: _____

Nota Final: _____. Situação do Acadêmico: _____. Data: ____/____/____

MENÇÃO GERAL:

Coordenador de TCC do Curso de _____:

< Nome do coordenador de TCC do Curso aqui >

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho, e ter me proporcionado chegar até este estágio final. Aos meus familiares e amigos, que sempre estiveram ao meu lado contribuindo com a realização deste estudo, e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período em que me dediquei para conclusão do meu curso. Em especial para meus pais, pois são o meu propósito de estar contribuindo com esta pesquisa para a minha formação. Aos docentes e orientadores, pelas correções, conselhos e ensinamentos que me permitiram apresentar um melhor desempenho no meu processo de formação profissional ao longo do curso. Em especial ao meu orientador, amigo, professor e doutor em Engenharia de Produção, André Philippi Gozanga de Albuquerque, por ser esse excelente profissional inspirador, que promoveu caminhos para o meu melhor desenvolvimento pessoal e profissional. Além disso, este, é o grande responsável por colaborar com a minha evolução acadêmica e o desenvolvimento deste estudo. Por fim, a todos que participaram, de forma direta ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

RESUMO

Com a busca contínua por destaque competitivo no mercado, as organizações estão adotando estratégias, metodologias e técnicas que visam evoluções em seus processos produtivos, a fim de garantir maior produtividade, redução de custos e entregar seus produtos de qualidade com o propósito de satisfazer as necessidades de seus clientes e consumidores. E para isso, as empresas buscam ferramentas de melhoria contínua para se manterem vivas no mercado competitivo. A metodologia Seis Sigmas tem a função de aumentar a performance e lucratividade das organizações permitindo o gerenciamento de processos de forma completa, gerando resultados significantes a partir das ferramentas para solução de problemas. A interação do método DMAIC com as ferramentas de gestão da qualidade tem a capacidade de reduzir as não-conformidades dos processos e aumentar o nível de qualidade dos produtos e serviços. Diante disso, O objetivo deste estudo é identificar as falhas de qualidade do processo produtivo de biscoito em uma indústria localizada no estado de Pernambuco, através de uma abordagem proposta utilizando o método de resolução de problemas DMAIC com o auxílio das ferramentas de gestão da qualidade. Na abordagem proposta, foi integrada em suas etapas as seguintes ferramentas: Gráfico de Pareto; Carta de Controle; Mapeamento de Processos; Fluxograma; Diagrama de Ishikawa; 5 porquês; Matriz de Priorização GUT e o 5W2H, tendo o propósito garantir a satisfação dos clientes. Os resultados obtidos neste estudo dão-se que, a aplicação da metodologia seis sigmas através das etapas do método DMAIC, foi crucial para identificar as possíveis variabilidade do processo de fabricação do biscoito, onde de forma organizada, com o auxílio das ferramentas da qualidade, conseguiu-se identificar as principais causas das falhas existentes no processo produtivo. Além disso, foi elaborado um plano de ação para estabelecer medidas que objetivam a solução dos problemas e as diretrizes de controle para garantir os resultados deste estudo.

Palavras-Chave: Metodologia Seis Sigmas; Ferramentas da Qualidade; DMAIC; Melhoria Contínua.

ABSTRACT

With the continuous search for competitive prominence in the market, organizations are adopting strategies, methodologies and techniques aimed at evolving their production processes in order to guarantee greater productivity, reduce costs and deliver quality products with the aim of satisfying the needs of their customers and consumers. To this end, companies are looking for continuous improvement tools to stay alive in the competitive market. The Six Sigmas methodology has the function of increasing the performance and profitability of organizations by allowing the management of processes in a complete way, generating significant results from problem-solving tools. The interaction of the DMAIC method with quality management tools has the ability to reduce non-conformities in processes and increase the quality level of products and services. The aim of this study is to identify quality failures in the cookie production process in an industry located in the state of Pernambuco, through a proposed approach using the DMAIC problem-solving method with the aid of quality management tools. In the proposed approach, the following tools were integrated into its stages: Pareto Chart; Control Chart; Process Mapping; Flowchart; Ishikawa Diagram; 5 Whys; GUT Prioritization Matrix and 5W2H, with the aim of guaranteeing customer satisfaction. The results obtained in this study show that the application of the six-sigma methodology through the stages of the DMAIC method was crucial to identifying the possible variability in the cookie manufacturing process, where in an organized way, with the help of the quality tools, the main causes of the failures in the production process were identified. In addition, an action plan was drawn up to establish measures aimed at solving the problems and control guidelines to guarantee the results of this study.

Keywords: Six Sigmas Methodology; Quality Tools; DMAIC; Continuous Improvement.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Fluxo das Etapas DMAIC.....	17
FIGURA 2 – Diagrama de Ishikawa	20
FIGURA 3 – Diagrama de Pareto	23
FIGURA 4 – Passo a Passo de aplicação dos 5 Porquês	24
FIGURA 5 – Fluxograma Simples	26
FIGURA 6 – Gráfico de Controle	30
FIGURA 7 – Abordagem Proposta	33
FIGURA 8 – Identificação dos modos de falhas potenciais.....	35
FIGURA 9 – Carta de Controle.....	36
FIGURA 10 – Mapeamento de Processo.....	38
FIGURA 11 – Diagrama de Ishikawa	39
FIGURA 12 – <i>Score</i> das Causas Potenciais	44

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – Etapas do método DMAIC	18
QUADRO 2 – Descrição das etapas do 5W2H	19
QUADRO 3 – Etapas de criação do Diagrama de causa e efeito	21
QUADRO 4 – Passo a Passo do mapeamento de processos	27
QUADRO 5 – Matriz GUT	29
QUADRO 6 – Método dos 5 Porquês	41
QUADRO 7 – Matriz de Priorização GUT	43
QUADRO 8 – Plano de Ação 5W2H	45

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – Nível de Qualidade Sigma	16
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIA – Associação Brasileira das Indústrias de Alimentos;

DFSS - *Design for Six*;

DMADV - Definir, Medir, Analisar, Desenhar e Verificar;

DMEDI - Definir, Medir, Explorar, Desenvolver e Implementar;

DMAIC - *Define* (definir), *Measure* (medir), *Analyze* (analisar), *Improve* (melhorar) e *Control* (controlar);

GUT – Gravidade, Urgência e Tendência;

GE – *General Electric*;

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;

IBM – *International Business Machines Corporation*;

KPI – *Key Performance Indicator*;

LSC – Limite Superior de Controle;

LM – Limite de Controle;

LIC – Limite Inferior de Controle;

M-PCpS - *Machine-process characterization study*;

PDCA – *Plan, Do, Check, Action*.

PIB – Produto Interno Bruto.

STP – Sistema Toyota de Produção;

5W2H – *What, Who, When, Where, Why, How, How much*;

6M – Material, Método, Matéria Prima, Medição, Meio Ambiente, Mão de Obra.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 Seis Sigmas (<i>Six Sigmas</i>)	15
2.2 O modelo DMAIC	17
2.3 Ferramentas da qualidade	18
2.3.1 5W2H	19
2.3.2 Diagrama de Ishikawa	20
2.3.3 Diagrama de Pareto	22
2.3.4 Cinco Porquês.....	23
2.3.5 Fluxograma.....	25
2.3.6 Mapeamento de Processos.....	26
2.3.7 Matriz de Priorização GUT	28
2.3.8 Controle Estatístico de Processo - CEP.....	29
3 METODOLOGIA	31
4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	34
4.1 Fase 1: Definição de Problemas	34
4.2 Fase 2: Medição do Processo	37
4.3 Fase 3: Análise de Dados	41
4.4 Fase 4: Melhoria do Processo	42
4.5 Fase 5: Controle dos Ganhos	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	47
REFERÊNCIAS	50

1 INTRODUÇÃO

Com a evolução industrial, as empresas estão cada vez mais buscando destaque competitivo no mercado. Dessa forma, tornou-se necessário a utilização de metodologias, técnicas e estratégias para aumentar a produtividade, reduzir custos e entregar um produto de maior qualidade com o propósito de satisfazer as necessidades de seus clientes (Moya *et al.*, 2020). Como exemplo disso, a indústria alimentícia deve garantir uma qualidade satisfatória dos seus produtos devido a competitividade entre as empresas desta área. E para isso, as empresas buscam metodologias e ferramentas de melhoria contínua para se manterem vivas no mercado competitivo (Alexander *et al.*, 2020).

O conceito de Seis Sigma foi introduzido pela Motorola na década de 80, promovendo a proposta de aumentar a confiabilidade do produto final e a redução de perdas financeiras indesejadas. Com a divulgação dos ganhos obtidos e o recebimento do Prêmio *Malcolm Baldrige* pela Motorola, o Seis Sigma tornou-se popular. Os resultados alcançados pela Motorola levaram a empresas como *General Electric (GE)* e a *International Business Machines Corporation (IBM)* a apostarem nesta nova metodologia de gestão de processos e igualmente apresentarem ganhos expressivos (Falconi, 2021).

Diante disso, a metodologia Seis Sigmas tem a função de aumentar a performance e lucratividade das organizações em curto espaço de tempo, permitindo o gerenciamento de processos por completo, gerando resultados significantes a partir das ferramentas para solução de problemas (Cleto; Quinteiro, 2020). No Seis Sigma a abordagem mais utilizada para melhoria de qualidade é o ciclo de fases denominado DMAIC (*Define, Measure, Analyse, Improve, Control*), que utiliza gráficos de controle, experimentos pré-determinados, análise de capacidade dos processos e diversas ferramentas estatísticas (Alexander *et al.*, 2020). Nesse âmbito, a metodologia DMAIC e as ferramentas da qualidade auxiliam na busca da melhoria contínua para otimizar os processos de forma versátil e objetiva, trazendo a melhoria na qualidade e maior produtividade para as organizações (Lucinda, 2020).

Segundo Campos (2023) pode-se definir o Seis Sigma como uma estratégia gerencial de mudanças, para acelerar o aprimoramento em processos, produtos e serviços, que atua na redução da variação do resultado entregue aos clientes, e aumenta significativamente o resultado da empresa, pois reduz drasticamente os custos da não qualidade, como desperdícios, inspeções, retrabalho, sucata, perda de clientes e desgaste da imagem.

O objetivo deste estudo é identificar as falhas de qualidade do processo produtivo de biscoito em uma indústria localizada no estado de Pernambuco, através de uma abordagem proposta utilizando o método de resolução de problemas DMAIC com o auxílio das ferramentas de gestão da qualidade. Na abordagem proposta, foi integrada em suas etapas as seguintes ferramentas: Gráfico de Pareto; Carta de Controle; Mapeamento de Processos; Fluxograma; Diagrama de Ishikawa; 5 porquês; Matriz de Priorização GUT (Gravidade, Urgência e Tendência) e o 5W2H (*What* (o quê?); *Who* (quem?); *When* (quando?); *Where* (onde?); *Why* (por quê?); *How* (como?); *How much* (quanto custa?)), tendo o propósito garantir a satisfação dos clientes.

Para alcançar este objetivo foi realizado um estudo do processo na linha de produção, e com isso foi evidenciado que o problema da empresa, alvo deste estudo, é o alto índice de produtos com falhas na cobertura. Neste contexto, através das análises realizadas foi identificado falhas no processo e conseqüentemente a ausência padronização de procedimentos internos. Dessa forma, se faz necessário o estudo e aplicação das ferramentas estratégicas de gestão da qualidade nas etapas do método DMAIC com o propósito de identificar as possíveis existências de variações que possam ocorrer e afetar a qualidade do produto final.

A primeira etapa do método adotado tem o objetivo de definir as falhas de qualidade do processo produtivo. Sendo assim, foi utilizado o gráfico de Pareto para identificar os índices dos defeitos de qualidade. Além disso, foi aplicado a carta de controle para medir e verificar as possíveis variações do modo de falha potencial identificado. Em seguida, na segunda etapa, foi realizado um mapeamento de processo utilizando a ferramenta fluxograma, para de forma organizada medir e verificar as atividades do processo individuais e sua influência com a falha potencial. Além disso, foi utilizado o diagrama de Ishikawa para listar as possíveis causas do problema. A terceira etapa, consiste em analisar as causas identificadas do problema através da ferramenta 5 porquês, e a partir disso encontrar as suas causas raízes. Na quarta etapa, foi aplicada a Matriz GUT para definir e priorizar quais soluções devem ser levadas para o plano de ação que foi desenvolvido pela ferramenta 5W2H para solução do problema. A última etapa, consiste na adoção de métodos e atividades para garantir o controle dos resultados.

Diante do exposto, é notório a preocupação das indústrias em cada vez mais buscar estratégias para controlar os seus processos, de forma que, os seus produtos sejam produzidos com maiores qualidades para os seus clientes e consumidores. Diante disso, um dos fatores que influenciam para que as empresas se destaquem no mercado é a garantia da boa gestão da qualidade, pois deste modo, se obtém processos e serviços confiáveis. Dessa forma, esta

necessidade, acaba sendo um fator competitivo entre os mercados, e todo e qualquer diferencial, pode ser decisivo para a escolha do cliente (NGO, 2022; ZHU; XU, 2022). Neste contexto, a ausência dessa gestão pode influenciar diretamente na insatisfação dos clientes. Com isso, se faz necessário adotar novas estratégias para relacionar os pontos mais críticos, buscando melhoria contínua dos seus processos.

Diante dessa pesquisa, o setor secundário foi escolhido para relacionar dados a fim de contribuir com a análise das indústrias de alimentos no Brasil. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Alimentos (ABIA, 2022), a indústria brasileira de alimentos e bebidas seguem contribuindo no avanço da pesquisa, inovação e desenvolvimento, com investimento total de aproximadamente R\$ 23,6 Bilhões em 2022, representando um percentual de 10,8% de participação no Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro. Ainda de acordo com a ABIA (2022), o Brasil é o 2º maior exportador mundial de alimentos industrializados em volume e o 5º em valor.

A contribuição com a balança comercial da indústria nacional é de aproximadamente 84%, resultando no saldo de R\$ 61,8 Bilhões no ano de 2022. Segundo os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2023), confirma-se que no 2º trimestre de 2023, a participação das indústrias de alimentos no PIB cresceu 0,9%. À frente ao exposto, torna-se necessário avaliar os critérios de avanços das indústrias de alimentos no setor secundário do Brasil.

Diante disso, pode-se destacar e justificar no presente estudo a importância de as organizações investirem no controle de qualidade de seus processos, com o objetivo de entregar os seus produtos com maior qualidade para os clientes e consumidores, garantindo sua satisfação. Dessa forma, esta pesquisa tem por foco proporcionar grandes benefícios que possibilitem identificar os problemas de qualidade do processo produtivo da empresa em estudo, com o foco em reduzir as suas variabilidades por meio de uma abordagem mais simples do método DMAIC em auxílio das ferramentas de gestão da qualidade.

À vista disso, a metodologia aplicada auxilia não só no avanço das organizações, mas também, na capacitação das pessoas, expansão das oportunidades de desenvolvimento de novos projetos, redução de custos, aumento de eficiência, maior capacidade de resolução de problemas e padronização dos processos. Esta aplicação também oferece uma abordagem estruturada e eficaz para aprimorar processos, resultando em benefícios tangíveis, como maior qualidade dos produtos e serviços, satisfação do cliente e competitividade de mercado (Corrêa *et al.*, 2020).

O objetivo deste estudo é identificar as falhas de qualidade de um processo produtivo de biscoito em uma indústria localizada no estado de Pernambuco, através de uma abordagem proposta utilizando o método de resolução de problemas DMAIC com o auxílio das ferramentas de gestão da qualidade. Na abordagem proposta, foi integrada em suas etapas as seguintes ferramentas: Gráfico de Pareto; Carta de Controle; Mapeamento de Processos; Fluxograma; Diagrama de Ishikawa; 5 porquês; Matriz de Priorização GUT e o 5W2H, com o intuito de garantir a satisfação dos clientes. Para atingir o objetivo geral deste estudo foi necessário alcançar os seguintes objetivos específicos:

Realizar um Mapeamento de Processo na linha de produção em análise, com o propósito de mapear o fluxo de trabalho, os processos e equipamentos composto na fabricação do biscoito. Aplicar as ferramentas de gestão da qualidade, Gráfico de Pareto; Carta de Controle; Mapeamento de Processos; Fluxograma; Diagrama de Ishikawa; 5 porquês; Matriz de Priorização GUT e o 5W2H nas etapas do método DMAIC com o intuito de identificar, priorizar e controlar as possíveis variações que pode ocorrer dentro do processo produtivo que conseqüentemente pode impactar na qualidade do produto final. Elaborar um plano de ação de acordo com os resultados da aplicação do método DMAIC para alcançar os resultados esperados e propor melhorias no processo, a fim de alcançar o objetivo geral deste estudo.

O presente estudo está organizado em cinco capítulos. O primeiro capítulo apresenta a Introdução da pesquisa, retratando o tema principal que será discutido durante este trabalho, contextualizando a realidade atual, bem como, a justificativa pela escolha do tema, os objetivos gerais e específicos adotados neste estudo. O segundo capítulo consiste na Fundamentação Teórica, apresentando os conceitos da literatura em torno dos assuntos que envolvem o tema. Neste contexto, é válido afirmar que os fundamentos conceituais adotados serviram de *inputs* para o desenvolvimento da abordagem proposta. O capítulo 3 apresenta a proposta do estudo, uma abordagem para identificar as falhas de qualidade dos processos de manufatura. No capítulo 4 são apresentados os resultados da abordagem proposta. Além disso, são expostas as discussões sobre os resultados obtidos, a fim de encontrar o melhor cenário de qualidade para os produtos e processos industriais e alcançar a satisfação dos clientes. Por fim, o capítulo 5 descreve a conclusão da pesquisa e suas considerações finais, além de apresentar as dificuldades encontradas durante a realização do estudo, e as recomendações e sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Para a realização deste estudo foi utilizado o método DMAIC, e em cada etapa desta metodologia foi utilizada ferramentas da qualidade como auxílio para obter os resultados desejados. Desta forma, apresenta-se neste tópico e nos subtópicos posteriores a literatura desses fundamentos como suporte para atingir os resultados da empresa estudada.

2.1 Seis Sigmas (*Six Sigmas*)

O Seis Sigma é uma estratégia gerencial disciplinada e quantitativa, que surgiu na Motorola no final da década de 1980. Naquela época uma alta quantidade de produtos falhava em atender às necessidades do cliente, gerando refugos, retrabalhos, serviços de correção em campo e convocação para *recall* (Zhang *et al.*, 2020).

Além disso, enfrentava uma grande concorrência das empresas japonesas, que ofereciam ao mercado produtos com menor preço e alta qualidade (Niñerola *et al.*, 2019). A metodologia tem como objetivo aumentar expressivamente a performance e a lucratividade das empresas, por meio de controle dos indicadores de processos e da melhoria contínua da qualidade de produtos, a fim de otimizar produtos e processos e o aumento da satisfação dos clientes e consumidores, levando em conta todos os aspectos importantes de um negócio (Cleto; Quinteiro, 2021).

Para verificar a qualidade de um processo em termos estatísticos, a metodologia Seis Sigma avalia se os itens produzidos estão dentro da especificação do cliente, dado através de métricas (indicadores) e dados confiáveis (Niñerola *et al.*, 2019). Neste contexto, o desempenho da qualidade é medido pela quantidade total de defeitos por unidade ao longo do processo e o termo Seis Sigma significa ter um valor igual ou inferior a 3,4 defeitos por milhão de oportunidades, o que representa taxa de sucesso de 99,9997% no processo. Ao reduzir o total de defeitos por unidade irá resultar em menos defeitos na entrega dos produtos e menos falhas no início da vida do produto. O resultado disso é uma maior satisfação do cliente e menores custos de qualidade e fabricação por unidade (Narula; Grover, 2021).

O Sigma (σ) é a letra utilizada para representar o desvio padrão de uma distribuição e, quanto menor for o desvio padrão de um processo, mais desvios padrões passam a ser aceitos dentro da especificação (Zhang *et al.*, 2020). O método é quantitativo e busca a redução de variações dos processos para alcançar um nível de defeitos próximo do zero. Na Tabela 1, é possível analisar o nível de qualidade sigma aplicado na metodologia.

Tabela 1. Nível de Qualidade Sigma

NÍVEL DE QUALIDADE	DEFEITO POR MILHÃO	PERCENTUAL DE CONFORMIDADE
1 SIGMA	691.463	30,85%
1,5 SIGMAS	500.000	50,00%
2 SIGMAS	308.537	69,15%
3 SIGMAS	66.807	92,32%
4 SIGMAS	6.210	99,38%
5 SIGMAS	233	99,97%
6 SIGMAS	3,4	99,99%

Fonte: Adaptado de Harry; Schroeder (2020)

Abaixo segue os benefícios extraídos de diversos artigos analisados, que tratam de pesquisas sobre o programa em âmbito nacional e internacional (Niñerola *et al.*, 2019; Zhang *et al.*, 2020).

Melhoria de fatores competitivos como velocidade, qualidade, confiabilidade, flexibilidade, redução de custos e inovação; Melhoria na sustentabilidade organizacional, com significativos ganhos financeiros e aumento da lucratividade; Redução ou eliminação de desperdícios, da variabilidade dos processos e do índice de defeitos, gerando um aumento da qualidade dos produtos e serviços; Aumento da produtividade, eficiência e eficácia da empresa; Mudança da cultura organizacional, promovendo e difundindo a aprendizagem e gerando o envolvimento de todas as pessoas da empresa em seus diferentes níveis hierárquicos; Aumento da satisfação do cliente interno e externo; Aumento da vantagem competitiva; Priorização das decisões baseadas em fatos e dados e provê um padrão disciplinado de análise e solução de problemas, utilizando poderosas ferramentas estatísticas.

O modelo Seis Sigma é composto por vários métodos de resolução de problemas, alguns deles são:

- M-PCpS (*machine-process characterization study*), que é um estudo para a caracterização e otimização de processos, e que visa eliminar perda de tempo e dinheiro;
- DFSS (*design for Six*);
- DMADV, que contempla as fases definir, medir, analisar, desenhar e verificar;
- DMEDI, com as etapas definir, medir, explorar, desenvolver e implementar;
- DMAIC, composto pelas etapas: *define* (definir), *measure* (medir), *analyze* (analisar), *improve* (melhorar) e *control* (controlar).

Dos métodos que compõem o Seis Sigma, o mais utilizado atualmente é o DMAIC, uma vez que é composto de cinco etapas que possibilitam uma adequada organização da implantação, desenvolvimento e conclusão da maior parte dos projetos (Alexander *et al.*, 2020).

2.2 O modelo DMAIC

Segundo (Cleto; Quinteiro, 2021) a metodologia Seis Sigma utiliza ferramentas estatísticas clássicas organizadas em um método de solução de problemas que, seguindo um exigente modelo, o DMAIC, se aplica para garantir uma sequência ordenada, lógica e eficaz no gerenciamento dos projetos e na melhoria de processos (Alexander *et al.*, 2020). O modelo DMAIC é uma ferramenta que tem por finalidade identificar, quantificar e minimizar as fontes de variação de um processo, bem como sustentar e melhorar o desempenho deste processo após seu aperfeiçoamento (Corrêa *et al.*, 2020). A Figura 1 apresenta o fluxo das etapas do DMAIC, englobando os seus determinados objetivos.

Figura 1. Fluxo das Etapas DMAIC



Fonte: Autor (2024)

No Quadro 1 a seguir será apresentado as etapas de aplicação do método DMAIC e as ferramentas que podem ser aplicadas originalmente utilizadas na estratégia Seis Sigma.

Quadro 1. Etapas do Método DMAIC

ETAPAS	DESCRIÇÃO
DEFINIR	A equipe identifica os melhores projetos Seis Sigmas com base nos objetivos estratégicos, e determina o que é crítico para qualidade para os clientes. Ferramentas: Mapeamento de processos, Gráfico de Pareto, <i>Benchmarking</i> , por exemplo.
MENSURAR	A equipe define os processos ligados diretamente com os fatores críticos para qualidade, e mede o desempenho desses processos. Ferramentas: Diagrama de Causa e Efeito, Fluxograma, por exemplo.
ANALISAR	Aplicando métodos estatísticos, a equipe procura identificar as principais causas de variabilidade do processo por meio de análises do desempenho. A equipe identifica a variável a ser melhorada. Ferramentas: 5 porquês, Estratificação, FMEA, por exemplo.
MELHORAR	A equipe conduz experimentos para estabelecer o melhor nível de desempenho nos processos e estabelece um plano para implementar as mudanças. Ferramentas: Matriz de Priorização, Plano de Ação – 5W2H, por exemplo.
CONTROLAR	A equipe aplica técnicas e métodos estatísticos e da qualidade para sustentar a estabilidade do processo dentro dos limites desejados. Ferramentas: Gráficos de Controles, CEP, por exemplo.

Fonte: Adaptado de Martins, Mergulhão e Júnior (2020)

Cada uma das etapas evidenciadas no Quadro 1 envolvem várias atividades, assim como a utilização de ferramentas da qualidade, as quais serão apresentadas, nos subtópicos posteriormente.

2.3 Ferramentas da Qualidade

A gestão de qualidade engloba uma variedade de ferramentas, técnicas e métodos utilizados para o controle dos processos, e algumas delas compõem as etapas do DMAIC, que podem ser utilizadas de forma integrada em ciclos de melhoria contínua de processos, produtos e serviços (Alexander *et al.*, 2020).

2.3.1 5W2H

O 5W2H é uma ferramenta multifuncional que pode ser utilizado para infinitas possibilidades internas e externas de uma determinada organização. A ferramenta é utilizada por gestores de projeto e de qualidade para definir papéis fundamentais na implantação de um projeto ou plano de ação e é bastante eficaz na tomada de decisão sobre elementos fundamentais do projeto (Santos, 2021, p. 1). A ferramenta 5W2H surgiu no Japão para facilitar o planejamento de qualquer demanda, considerando todas as tarefas a serem executadas ou selecionadas de forma cuidadosa e objetiva, assegurando sua implementação de forma organizada, devendo responder às seguintes perguntas apresentada no Quadro 2 posteriormente (Scatolin, 2020).

Quadro 2. Descrição das etapas do 5W2H

5W					2H	
WHAT? (Oque?)	WHY? (Por quê?)	WHO? (Quem?)	WHERE? (Onde?)	WHEN? (Quando?)	HOW (Como?)	HOW MUCH (Quanto?)
Ação ou atividade que deve ser executada ou o problema ou o desafio que deve ser solucionado	Justificativa dos motivos e objetivos daquilo estar sendo executado ou solucionado	Definição de quem será (serão) o(s) responsável(ei)s pela execução do que foi planejado	Informação sobre onde cada um dos procedimentos será executado	Cronograma sobre quando ocorrerão os procedimentos	Explicação sobre como serão executados os procedimentos para atingir os objetivos pré-estabelecidos	Limitação de quanto custará cada procedimento e o custo total do que será feito

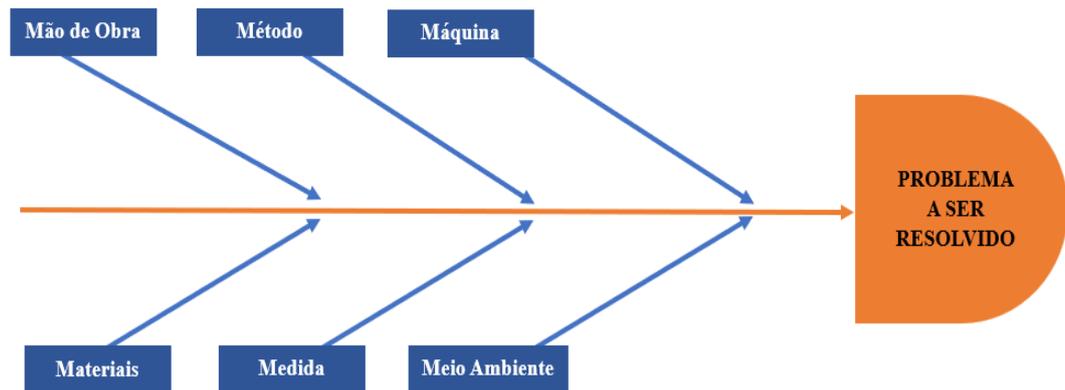
Fonte: Autor (2024)

Respondendo essas perguntas, os esforços podem ser concentrados nas demandas mais importantes para o andamento de um projeto onde os membros da equipe se tornam cientes de sua participação em todo o contexto, de sua influência diante das necessidades do projeto, do impacto de suas demandas, custos associados e prazos de entregas (Santos, 2020).

2.3.2 Diagrama de Ishikawa

Desenvolvido pelo engenheiro japonês Kaoru Ishikawa, o Diagrama de Ishikawa conhecido também como Diagrama de Causa e Efeito e Espinha de Peixe é uma das ferramentas da gestão da qualidade que ajuda a mapear e identificar as possíveis causas raiz de um problema específico (Valoso, 2023). Paladini (2020) aborda que é utilizado para analisar as operações e situações típicas do processo produtivo. Seu aspecto é semelhante a uma espinha de peixe e sua utilização serve para identificar causas que influenciam os desvios dos processos. Considerando que o processo de resolução de problemas é um dos pilares da Gestão da Qualidade. Esta ferramenta tornou-se acessível e simples a utilização de uma ferramenta poderosa de análise de causas (Carvalho; Paladini, 2020). O Diagrama de Causa e Efeito organiza as causas potenciais do problema em categorias principais, também chamadas de “6M” (Mão de obra, Método, Máquina, Materiais, Medida e Meio Ambiente). Dependendo do contexto, outras categorias podem ser adicionadas, mas as “6M” são amplamente utilizadas (Valoso, 2023). Na Figura 2 é apresentado o Diagrama de Ishikawa.

Figura 2. Diagrama de Ishikawa



Fonte: Adaptado de Paladini (2020)

Para a criação do Diagrama de Causa e Efeito é necessário seguir um passo a passo como apresentado no Quadro 3.

Quadro 3. Etapas de criação do Diagrama de Causa e Efeito

ETAPAS	DESCRIÇÃO
IDENTIFICAR O PROBLEMA	O primeiro passo é identificar claramente o problema a ser analisado. Pode ser uma questão recorrente, defeito em um produto, atraso na entrega ou qualquer outro desafio operacional.
DEFINIR EQUIPE	Para obter melhores resultados, envolva pessoas de diferentes áreas da empresa na criação do diagrama. Uma equipe diversificada proporcionará perspectivas variadas sobre as possíveis causas do problema.
CRIAR ESPINHA DO PEIXE	Desenhe a espinha do peixe na horizontal, representando a coluna principal da categoria de causa. Em seguida, adicione as espinhas menores que se ramificam da coluna principal, representando as subcausas. Registre as causas potenciais em cada categoria apropriada.
ANÁLISE E DISCUSSÃO	Com a equipe, analise e debata cada causa listada no Diagrama de Ishikawa. Certifique-se de que todas as possíveis causas sejam consideradas e detalhadas.
PRIORIZAR AS CAUSAS	Identifique as causas mais relevantes ou prováveis e coloque maior ênfase nelas.
ELABORAR PLANO DE AÇÃO	Com as principais causas identificadas, a equipe deve elaborar um plano de ação para abordar cada uma delas. Estabeleça responsáveis, prazos e recursos necessários para implementar as melhorias.

Fonte: Adaptado de Valoso (2023)

Os benefícios desta ferramenta podem trazer algumas vantagens para as organizações, sendo elas:

- Identificação precisa de problemas através de análises aprofundadas e estruturadas, identificando suas origens e proporcionando uma visão geral das causas potenciais;
- Tomada de decisões fundamentada em dados concretos e evidências tangíveis, minimizando suposições e palpites.
- Envolvimento da equipe e o comprometimento com a solução de problemas.
- Economia de recursos para resolver os problemas mais relevantes e evitar desperdícios.
- Melhoria contínua incentivando a empresa a aprender com seus erros e aprimorar constantemente seus processos.

2.3.3 Diagrama de Pareto

Desenvolvido por Vilfredo Pareto, o diagrama é uma ferramenta da qualidade amplamente utilizada no mundo organizacional. Ele evidencia que cerca de 80% dos problemas são causados por aproximadamente 20% das causas, permitindo um direcionamento estratégico para lidar com os principais problemas das empresas (Barros, 2015).

Com seu gráfico de barras e linha acumulativa, o diagrama de Pareto ordena a frequência das ocorrências da maior para a menor e permite a localização de problemas vitais, eliminação de perdas, possibilitando melhorias significativas e otimização de recursos e esforços (Silva, 2021).

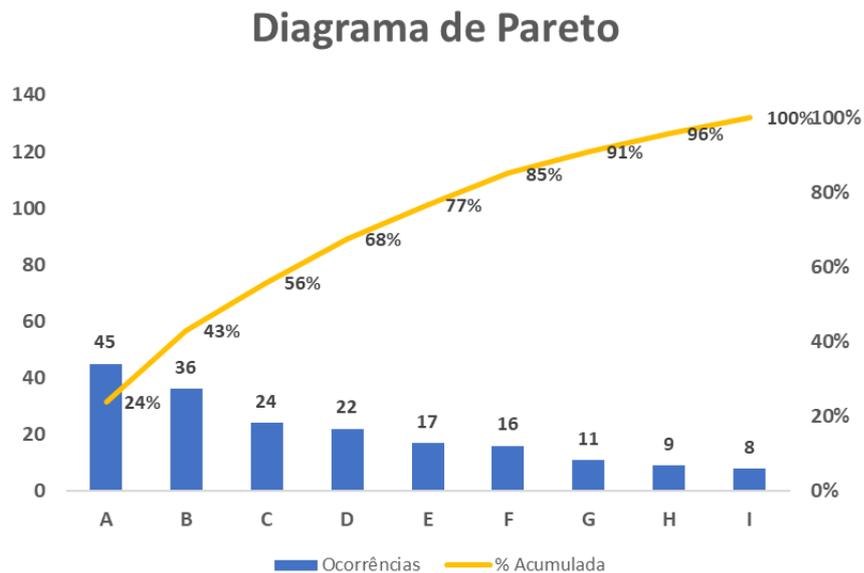
Segundo Ferreira e Morgado (2021), o diagrama de Pareto é de grande utilidade na administração industrial, para análise de defeitos na manufatura de produtos que, habitualmente representam custos elevados e também um importante desgaste na imagem da qualidade dos produtos e da empresa que os produz.

Essa ferramenta tem como objetivo identificar e melhorar os pontos críticos do processo produtivo que apresentam as maiores deficiências e elaborar um plano de ação que priorize as atividades a serem executadas (Santos, 2020). Sua aplicação visa fornecer uma visualização

clara e priorizada dos problemas, auxiliando na tomada de decisões e na alocação de recursos de forma mais eficiente (Santos, 2020).

Para construir um gráfico de Pareto, é necessário organizar os dados de forma a distinguir os fatores ou causas essenciais (vitais) dos secundários (triviais). Isso permite identificar as principais causas dos problemas e priorizar os esforços de melhoria de forma estratégica em cima de fatores que vão contribuir significativamente para a resolução do problema (Barros, 2021). A Figura 3 apresenta o exemplo do diagrama de Pareto.

Figura 3. Diagrama de Pareto



Fonte: Adaptado de Silva (2021)

Sendo assim, o diagrama de Pareto funciona como uma ferramenta de gestão da qualidade para empresas, aumentando sua eficiência de forma geral. Ao relacionar causas com seus efeitos e indicar quais ações são prioritárias, o diagrama pode ser útil em diversas situações diferentes (Reis, 2021).

2.3.4 Cinco Porquês

A Técnica dos 5 porquês, ou também conhecida como 5-*Whys* foi criada por Sakichi Toyoda na década de 30 e teve origem no Japão no Sistema Toyota de produção (STP) (Silva, 2020). Esta ferramenta está muito ligada à gestão da qualidade total e à melhoria contínua. Desde o seu surgimento, a ferramenta vem sendo muito utilizada devido a sua simplicidade e eficiência (Napoleão, 2021).

Os processos das empresas e negócios na maioria das vezes são eficientes, mas isso não significa que não apresentem nenhum tipo de problema. Quando o problema aparece, precisamos identificar sua causa raiz para que possamos resolvê-lo de forma simples e eficaz o mais breve possível (Silva, 2020).

Essa técnica consiste na repetição da pergunta “Por quê?”, diante da questão a ser aprofundada no processo com defeito ou problema e, com ela, torna-se ainda mais fácil chegar à causa raiz do problema com clareza, onde perguntamos 5 vezes o motivo de seu acontecimento (Silva, 2020). Segundo Weiss (2011), para análise dos 5 porquês, embora seja denominada assim, pode-se utilizar menos por quês (3 por exemplo), ou mais por quês, de acordo com a necessidade para que se encontre a causa raiz.

Ele usa um conjunto específico de etapas, com instrumentos associados, para encontrar a causa primária do problema, de modo que você pode:

- Determinar o que aconteceu;
- Determinar por que isso aconteceu;
- Descobrir o que fazer para reduzir a probabilidade de que isso vai acontecer novamente.

Weiss (2021) descreve de forma simplificada os 5 passos que devem ser dados para aplicar o método como apresentada na Figura 4.

Figura 4. Passo a Passo de aplicação dos 5 Porquês



Os 5 porquês é uma técnica simples que possui certas limitações, para que sua análise seja bem-sucedida, a equipe precisa ser completamente honesta em suas respostas, além de ter sempre em mente que essa ferramenta é complementar a outras de maior complexidade. Por isso, deve ser utilizada conjuntamente com outras, como: o diagrama de Ishikawa e o Ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) (Napoleão, 2021).

2.3.5 Fluxograma

Segundo Oliveira (2020), o fluxograma consiste na representação gráfica que, utilizando de diferentes formas geométricas representativas, apresenta a sequência de um trabalho de forma analítica, caracterizando as operações, os responsáveis e/ou unidades organizacionais envolvidas. Ainda explica as várias etapas de processos, facilitando o entendimento, a identificação de gargalos e de pontos de melhoria.

Maranhão e Macieira (2021, p. 251) definem como sendo fluxograma uma figura feita com símbolos padronizados e textos devidamente arrumados a fim de mostrar sequência lógica de passos de realização dos processos ou atividades. Dessa forma, afirma-se que a visualização gráfica é sempre um poderoso canal de comunicação, por ser mais bem absorvida e de maior compreensão do que os textos escritos, que exigem esforço mental e são mais subjetivos.

Cruz (2021, p. 115) entende por fluxograma uma técnica que pode assumir diversas nomenclaturas, formas e pequenos detalhes distintos, mas que não invalidam a ideia geral de “desenhar o fluxo” de processos, que consiste no significado etimológico da palavra fluxograma.

Para Cruz (2021), fluxograma é a representação da sequência de operações de um processo. Cury (2020) menciona a definição de fluxograma como um gráfico universal de processamento, que representa o fluxo ou a sequência normal de qualquer produto, trabalho ou documento. Cury (2020) ainda cita que os símbolos utilizados no fluxograma possuem como objetivo identificar e evidenciar a origem, processamento, decisões e destino da informação.

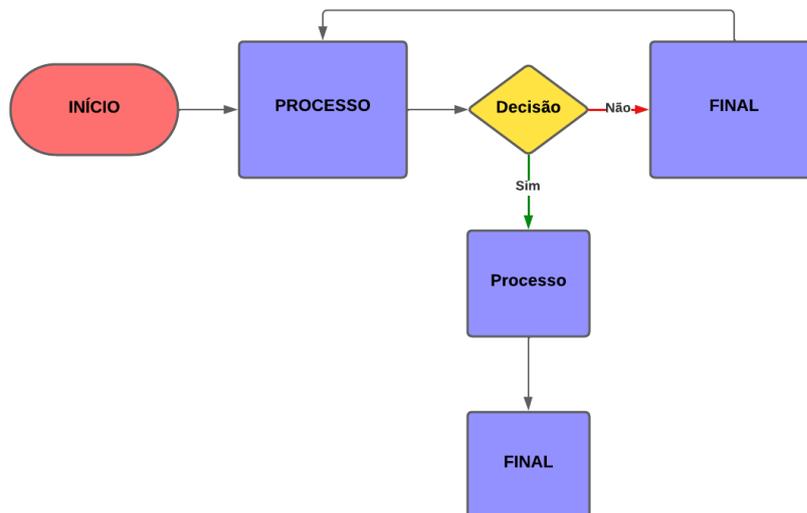
O fluxograma é uma ferramenta essencial para o mapeamento de processos. Portanto, ele pode ajudar no planejamento do processo. Além do mais, no aperfeiçoamento do fluxo do processo. Também torna possível fazer análises críticas para melhorias e correções em cada

etapa do processo (FM2S, 2020). Dessa forma, há vários cenários e razões para preparar e aplicar um fluxograma, sendo eles:

- Buscar uma padronização da representação de métodos e atividades administrativas;
- Facilitar o aprendizado da equipe sobre o processo em geral;
- Mostrar responsabilidades e as relações entre etapas e áreas envolvidas no processo;
- Ver qual o melhor caminho que o processo pode e deve seguir;
- Permitir a identificação de etapas que não agregam valor;
- Mapear gargalos, complexidades, atrasos e desperdícios;
- Permitir medir o tempo de ciclo das atividades;
- Avalia oportunidades de redução de custos e recursos no processamento.

Na Figura 5 é apresentado um exemplo de Fluxograma Simples.

Figura 5. Fluxograma Simples



Fonte: Adaptado de Coutinho (2020)

2.3.6 Mapeamento de Processos

Mapeamento de processo é a descrição de como os processos e as atividades relacionam-se, detalhando o fluxo de materiais, pessoas e informações, permitindo a compressão de todo o macroprocesso. Além do que, o fluxograma é uma das formas de

representar graficamente as atividades, no qual é possível identificar problemas e pontos de melhoria (Slack, Chambers; Johnston, 2020).

Dessa forma, o mapeamento de processos é uma forma de organizar um processo ou setor em forma de diagrama, permitindo análises de seu funcionamento e possíveis alterações em busca de otimização.

Para a realização de melhorias em um processo, se faz necessário a visualização das diversas etapas que o constituem, bem como suas interações e sequência cronológica, podendo ser representado visualmente através de fluxogramas (Barbrow; Hartline, 2021).

Diante disso, o mapeamento de processos precisa ser desempenhado de forma que, ao se mapear ou desenhar os processos, todas as atividades que não agregam valor do ponto de vista do cliente devem ser eliminadas, além de corrigir as falhas do processo e desempenho que ocasionam retrabalhos e perda de qualidade (Rocha; Albuquerque, 2020).

Sendo assim, as transformações que acontecem em determinado processo, devem adicionar valor ao produto, e gerar resultados que sejam mais eficientes ao cliente. As melhorias geradas por essas transformações resultam na melhoria dos processos e conseqüentemente do produto final, aumentando desta forma sua qualidade (Rossi; Prim; Bem; Dandolin, 2020). O Quadro 4 apresenta o passo a passo para mapear os processos de uma empresa.

Quadro 4. Passo a passo do Mapeamento de Processos

ETAPAS	DESCRIÇÃO
1 - DEFINIR PROCESSO	Identificar quais são os processos mais importantes para qualidade da empresa.
2 - ORGANIZAR	Escolher um tipo de mapa de processos (BPMN, SIPOC, por exemplo), e organize os essenciais dentro dele.
3 - VALIDAR	É fundamental que a equipe opine sobre o mapa e avalie se ele faz sentido.
4 - REMODELAR	Identificar falhas e pontos de melhorias por meio do mapa e remodelar esses processos.
5 - AUTOMATIZAR E IMPLEMENTAR	Investir em ferramentas de automatização para implementar os novos processos com eficácia.
6 - MONITAR RESULTADOS	Estabelecer métricas para avaliar os resultados conquistados com a remodelagem do processo.

Fonte: Adaptado de Mattosinho (2020)

2.3.7 Matriz de Priorização GUT

De acordo com Bastos (2021) a técnica GUT foi desenvolvida por Kepner e Tregoe, especialistas na solução de questões organizacionais. O objetivo desta técnica é orientar decisões mais complexas, para tanto é empregada para definir as prioridades dadas às diversas alternativas de ações. Esta ferramenta de decisão, dar-se através da especificação de pesos e critérios de gravidade, urgência e tendência (GUT), e a correlação entre eles. (Seleme; Stadler, 2021).

Dessa forma cada ocorrência deve ser avaliada, resultando num índice de prioridades, induzindo a uma tomada de decisão. A construção desta ferramenta é sugerida pelos autores com os seguintes passos: elencar os problemas para análise, pontuar cada elemento de acordo com sua intensidade, multiplicar os valores atribuídos a cada situação e por fim priorizar o ponto com maior valor de resultado.

A Matriz de Priorização ou Matriz GUT é uma ferramenta fácil de implementar que analisa todos os seus critérios atribuídos, de forma a priorizar as falhas potenciais da sistemática. Para cada aspecto analisado, deve-se atribuir uma pontuação de 1 a 5 de acordo com questão analisada descrita em uma tabela criada previamente pela equipe de aplicação da ferramenta. A 4ª pergunta que a matriz GUT responde é “por onde começar?” ou “o que deve ser feito primeiro?” (Hékis *et al.*, 2021).

Inicialmente, é necessário convocar a equipe competente para um *Brainstorming* inicial, no qual serão determinados os problemas mais importantes a serem priorizados pela matriz ou a ferramenta pode ser iniciada já listando os problemas a serem resolvidos (Rodrigues, 2020).

Posteriormente, deve criar uma tabela e classificar os problemas com base em cada variável (gravidade, urgência e tendência) para qual atribui uma pontuação numa escala de 1 (um) a 5 (cinco). A gravidade diz respeito a não resolução do problema, e indica o impacto, principalmente, em relação aos resultados, e processos que surgirão em longo prazo. A urgência é a variável relacionada com a disponibilidade de tempo necessário para resolução de determinada situação. A tendência analisa a tendência ou o padrão da evolução, redução ou eliminação do problema (Daychoum, 2021). No Quadro 5 é apresentado a Matriz GUT.

Quadro 5. Matriz GUT

MATRIZ GUT				
PONTUAÇÃO	G	U	T	GxUxT
	Gravidade Consequência se nada for feito.	Urgência Prazo para tomada de decisão.	Tendência Proporção do problema no Futuro.	
5	Prejuízos Extremamente Graves	É necessária uma ação imediate	Se nada for feito a situação se agrava de imediate	$5 \times 5 \times 5 = 125$
4	Muito Graves	Com alguma urgência	Piora em curto prazo	$4 \times 4 \times 4 = 64$
3	Graves	O mais cedo possível	Piora em médio prazo	$3 \times 3 \times 3 = 27$
2	Baixa Gravidade	Pode esperar um pouco	Piora em longo prazo	$2 \times 2 \times 2 = 8$
1	Sem Gravidade	Sem urgência	Não vai piorar	$1 \times 1 \times 1 = 1$

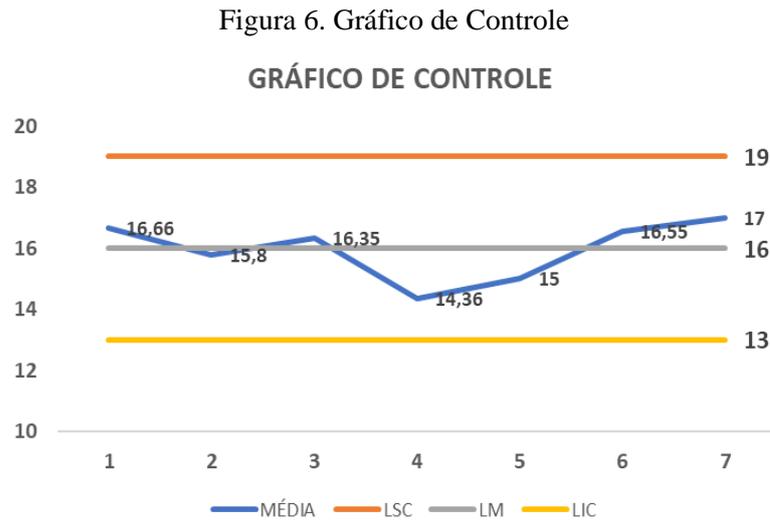
Fonte: Adaptado de Daychoum (2021)

2.3.8 Controle Estatístico de Processo – CEP

O Controle Estatístico do Processo (CEP) teve sua origem na produção industrial na década de 1930, quando as indústrias passavam para a era da qualidade conhecida como controle do processo (Deming, 2020; Shewart, 2020). O estudo do CEP abrange um conjunto de técnicas estatísticas utilizadas para o monitoramento da variabilidade de causas que gerem instabilidade no processo, distinguindo as causas variáveis dos sinais que necessitam ações corretivas (Francischini, 2021). Todo processo possui dois tipos de variação, os denominados de causas aleatórias do processo, em que operando apenas com essa variação diz-se que está sob controle estatístico, e os denominados de causas atribuíveis, em que na presença dessas causas diz-se que o processo está fora de controle. Dessa forma, o objetivo principal de realizar o controle estatístico do processo é a eliminação da sua variabilidade devido às causas atribuíveis, garantindo a estabilidade e a menor oscilação dos resultados mensuráveis (Addeh *et al.*, 2020).

Os gráficos de controle constituem uma das principais ferramentas estatísticas a serem aplicadas no monitoramento de processos, isto devido à sua simplicidade operacional. Segundo

Kume (2020) e Vieira (2020), estes gráficos apresentam uma linha central (LM – Linha Média), um par de limites de controle, um dos quais se localiza acima (LSC – Limite Superior de Controle) e outro abaixo (LIC – Limite Inferior de Controle) da linha central. Na Figura 6 é apresentado o gráfico de controle estatístico de processo.



Fonte: Autor (2024)

O CEP visa primeiramente fazer a representação gráfica do processo, traçando os dados consecutivamente ao longo do tempo, detectando assim as causas especiais presentes (Kottner, 2020). A representação gráfica possibilita facilmente a visualização da instabilidade e estabilidade do processo, e através disso, é possível direcionar medidas de melhorias (Keller *et al.*, 2020).

3 METODOLOGIA

A produção de uma pesquisa ou estudo abrange algumas etapas e procedimentos necessários para sua condução. Segundo Gil (2021) a pesquisa científica pode ser classificada a partir de três diretrizes, sendo elas: classificadas quanto à natureza, objetivo, abordagem e ao método.

Quanto à natureza, as pesquisas podem ser puras ou aplicadas. A presente pesquisa foi classificada como pesquisa de natureza aplicada por ter a finalidade de desenvolver algum conhecimento, método, produto ou até mesmo uma solução que pode ser aplicada na prática. Este estudo trata de uma aplicação prática na solução de problemas através de uma abordagem para avaliar o controle de qualidade dos processos industriais (Gil, 2021). Em relação aos objetivos, de acordo com Marconi e Lakatos (2021), as pesquisas científicas podem ser categorizadas em 3 grandes grupos, sendo elas: exploratórias, descritivas e explicativas. Para Cervo, Bervian e Silva (2020, p.61), a pesquisa descritiva ocorre quando se registra, analisa e correlaciona fatos ou fenômenos, sem manipulá-los. A presente pesquisa aborda o tipo de categoria de pesquisa denominada descritiva, tendo em vista que, tem o objetivo de apresentar características e dados sobre a qualidade dos produtos e processos industriais e como isso impacta na organização em visão da satisfação dos clientes e consumidores.

Sobre a abordagem, Segundo Forza (2020) a separação das pesquisas científicas pode ser determinada em qualitativas, quantitativas ou uma abordagem combinada. Para este estudo, foi classificado uma abordagem de técnicas abordagem combinada. Em consideração a isto, pode-se afirmar que a presente pesquisa aborda a técnica quantitativa, visto que, é possível mensurar dados e transmiti-los através de gráficos (Marconi; Lakatos, 2021). Além disso, pela necessidade de explicar os resultados da pesquisa quantitativa, o trabalho também de considerado qualitativo. Dessa forma, a análise dos dados terá a finalidade de clareza na compreensão dos casos e fatos de modo profundo (Marconi; Lakatos, 2021).

Segundo Yin (2020) o estudo de caso corresponde a um método imersivo de pesquisa que visa à exploração de uma determinada situação delimitada, que pode ser uma realidade, uma organização, ou situação-problema. A condução desta pesquisa será feita através do método de estudo de caso, focado em controlar a qualidade dos processos industriais, onde realiza-se uma análise de como as organizações se comportam na adoção de estratégias metodológicas e ferramentas para melhorar os seus produtos e identificar a variabilidade dos

seus processos, a fim de atingir um objetivo específico, sendo ele a satisfação dos consumidores.

Vale ressaltar que as fases da pesquisa precisam ser apresentadas de forma clara, simples e objetiva. Dessa forma, os indivíduos fora do estudo podem compreender melhor e replicar os resultados propostos. Portanto, as fases deste estudo consiste nas seguintes etapas: Definição do Problema, Desenvolvimento do referencial teórico, Elaboração de uma abordagem proposta mais simples, Aplicação e análise da abordagem proposta, Conclusões sobre a aplicação da abordagem proposta.

Para a realização da primeira etapa da metodologia desta pesquisa foi necessário a definição do problema para identificar na literatura maiores conhecimentos do tema e investigar possíveis soluções. Na etapa seguinte, foi desenvolvido um referencial teórico envolvendo a base teórica das aplicações deste estudo identificando os principais conceitos, metodologias ferramentas e estudos envolvendo o controle de qualidade dos processos industriais.

Na elaboração da abordagem proposta é avaliado os atributos da qualidade que estão presentes dentro dos processos industriais. Dessa forma, esta proposta foi dividida de acordo com as 5 etapas do método DMAIC, sendo elas: 1) Definição de Problemas, 2) Medição do Processo, 3) Análise de dados, 4) Melhoria dos Processos e 5) Controle dos Ganhos, com objetivo de identificar as falhas de qualidade e não conformidades do processo, a fim de garantir a satisfação dos consumidores. Após a definição das etapas de elaboração da proposta deste estudo, será aplicada as ferramentas da qualidade: Gráfico de Pareto; Carta de Controle; Mapeamento de Processos; Fluxograma; Diagrama de Ishikawa; 5 porquês; Matriz de Priorização GUT e o 5W2H, para executar cada etapa da pesquisa, com intuito de entender as não conformidades presentes no processo produtivo. Na última etapa, serão apresentadas as conclusões sobre a aplicação da abordagem proposta, conforme ilustra a Figura 7.

Figura 7. Abordagem Proposta



Fonte: Autor (2024)

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A empresa alvo deste estudo é uma multinacional localizada na cidade de Vitória de Santo Antão no estado de Pernambuco, cujo seu segmento é a produção de biscoitos. Conforme descrito no referencial teórico, o Seis Sigma apresenta algumas etapas para ser implementado. Sendo assim, para identificar as falhas de qualidade do processo produtivo foi aplicado o ciclo DMAIC, integrando em suas fases as ferramentas de gestão da qualidade, como apresentado na abordagem proposta deste estudo. Os subtópicos seguintes descrevem os resultados obtidos do método adotado, seguindo as suas etapas estabelecidas.

4.1 Fase 1: Definição de Problemas

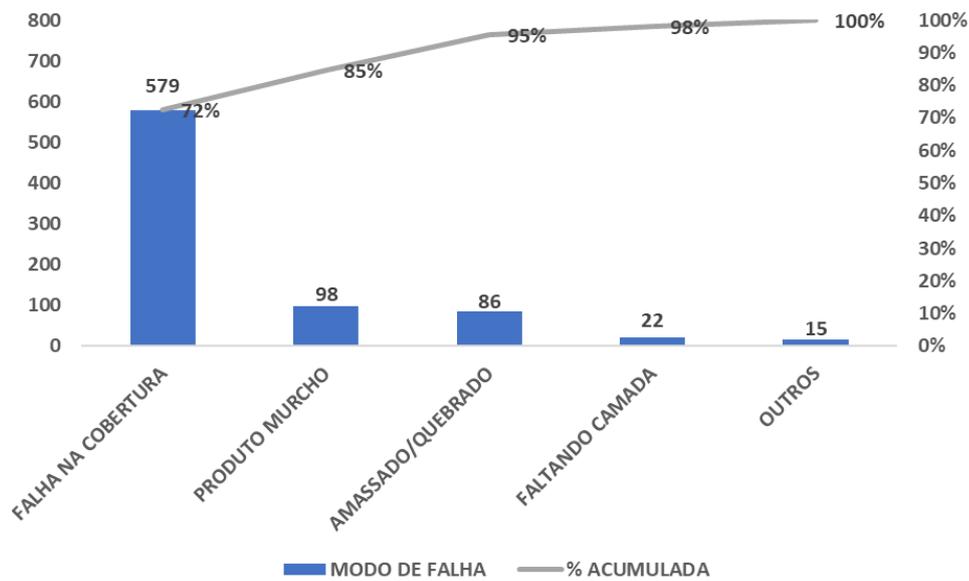
A primeira etapa do método DMAIC, consiste em definir os possíveis problemas que estão gerando falhas de qualidade no processo de fabricação de biscoitos. A princípio, vale ressaltar que, ao iniciar a elaboração deste estudo de caso foi criado um escopo do projeto e selecionado os *stakeholders*, sendo eles: Engenheiro de processos, líder de projetos, inspetor de qualidade e dois colaboradores de manufatura.

Os detalhes do escopo do projeto não serão apresentados durante este trabalho por motivo de informações confidenciais da empresa. Nesta etapa, pode-se afirmar que o processo de produção dos produtos passou por uma observação direta para que o produto fosse produzido dentro do padrão de qualidade exigido pelos seus clientes. Sendo elas: Análise de cobertura; Análise de crocante; Análise do sabor; Análise de integridade e aparência do produto.

Para entender melhor os possíveis problemas de qualidade na fabricação de biscoito, foi realizado uma avaliação no banco de dados do setor de inspeção de qualidade do último trimestre de 2023, contendo uma amostragem de 10.000 produtos. Através dessa análise, foi identificado 800 unidades de biscoitos não conformes.

A Figura 8 ilustra o gráfico de Pareto com a identificação dos modos de falhas, onde foi desenvolvido a partir dos dados do setor de inspeção da área em estudo.

Figura 8. Identificação dos modos de falhas potenciais



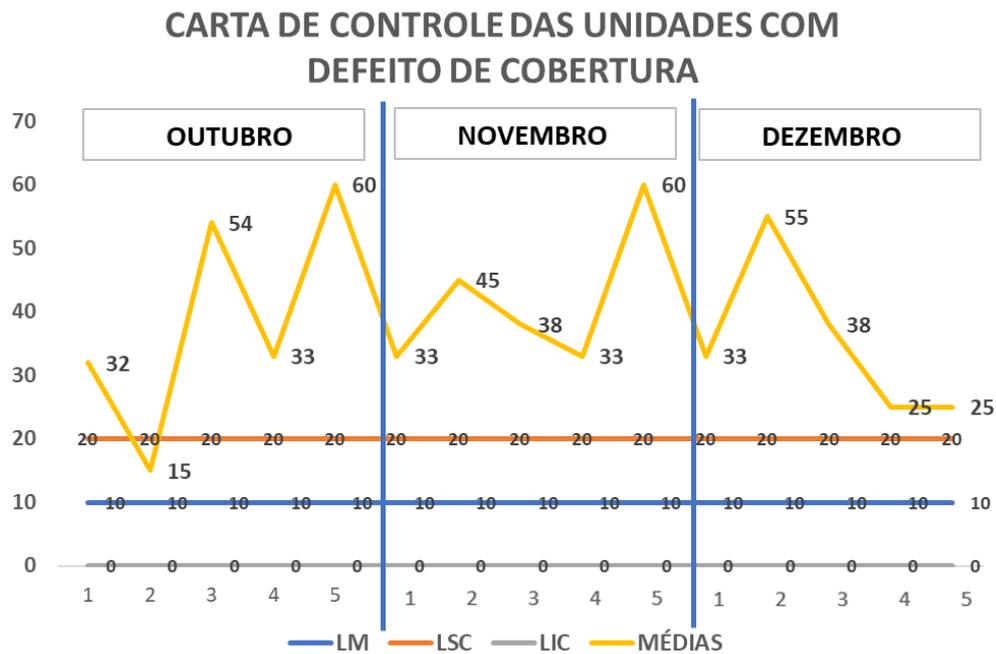
Fonte: Autor (2024)

A partir da análise do gráfico foi possível verificar que o índice de produtos com falha na cobertura representa a maior parcela do espaço amostral (72%). Estes dados confirmam que existe problemas de qualidade no processo de fabricação dos biscoitos, com consequente envio de produtos defeituosos para os clientes, que não foram devidamente detectados pela equipe de inspeção.

Analisando o processo da linha de produção, percebeu-se que existem frequentes variações no processo de cobertura do produto. Isto demonstra que foi necessário realizar uma análise mais profunda no setor desse processo e medir se está devidamente controlado, e/ou se será necessário a adoção de melhorias no processo para controlar as variações que estão causando as ocorrências de produtos com falha na cobertura.

Com isso, para realizar esta análise, tornou-se necessário a aplicação de uma carta de controle com os dados semanais do último trimestre de 2023, para verificar a geração de produtos com falha na cobertura no setor de fabricação. A Figura 9 apresenta os resultados da análise através da carta de controle aplicada, com as médias semanais do período em estudo.

Figura 9. Carta de Controle



Como pode ser observado na Figura 9, o processo existe alguns limites de controle para a falha analisada, que pode ser observado na legenda abaixo: Limite Superior de Controle (LSC): 20 unidades com falha na cobertura; Limite Médio (LM): 10 unidades com falha na cobertura; Limite Inferior de Controle (LIC): 0 unidades com falha na cobertura.

De acordo com a análise feita na carta de controle foi possível observar que, o mês de novembro teve o maior índice de geração de produtos com falha na cobertura, com um total médio de 209 unidades produzidas não conformes. Além disso, todas as amostras ficaram acima do limite de controle superior.

O mês de outubro, apresentou a segunda maior geração de produtos com defeitos, com um total médio de 194 unidades, tendo em vista que, é possível verificar na carta de controle que a média da segunda semana desse período se encontrou dentro da zona de controle, devido à baixa produção na unidade produtiva.

No mês de dezembro, obteve-se o menor índice de geração com 176 unidades defeituosas. Além disso, nota-se que as duas últimas semanas desse período apresentou dois pontos constantes na carta de controle, o que conseqüentemente apresenta a menor sazonalidade entre os períodos analisados. Com isso pode-se afirmar que, o trimestre analisado apresentou alta geração de produtos defeituosos, deixando o processo fora dos limites de controle.

4.2 Fase 2: Medição do Processo

É a segunda etapa da metodologia DMAIC. Carpinetti (2021) descreve que o objetivo desta etapa é coletar dados que ajudem na investigação característica do problema, fornecendo informações para a análise das causas do problema em estudo. Ele afirma ainda que a medição de dados já foi iniciada na etapa anterior e será aprofundada nesta.

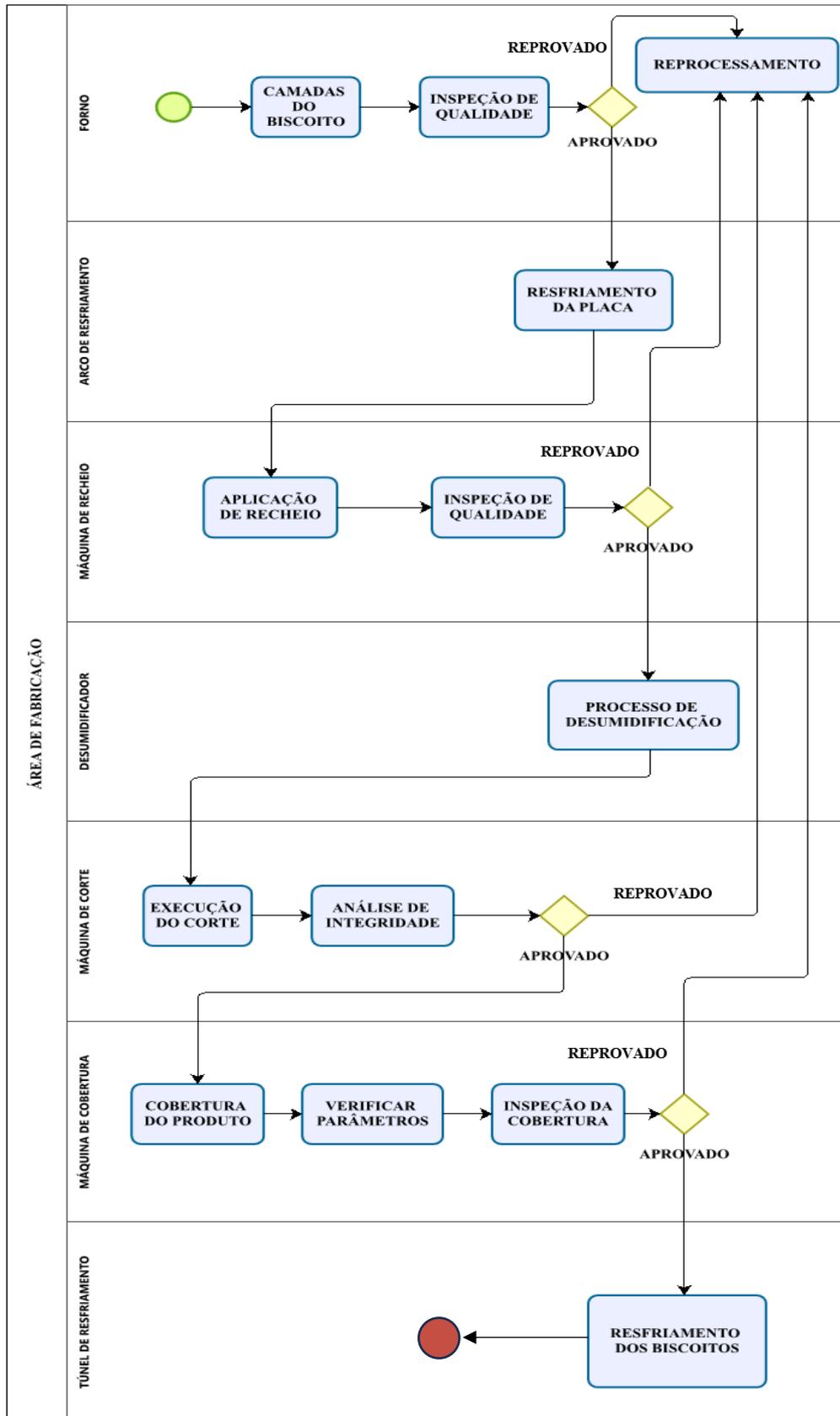
Já Werkema (2020, p.89) explica que as atividades aqui desenvolvidas podem dividir o projeto em “outros problemas de menor escopo ou mais, de mais fácil solução”. Nessa abordagem, a segunda fase do projeto, após a definição do problema, consistiu em analisar o comportamento do mesmo durante o processo produtivo.

No primeiro momento de execução desta etapa, foi realizado um mapeamento de processo do setor de fabricação do produto para de forma organizada analisar as atividades do processo individualmente e identificar quais das atividades influenciam na falha de cobertura do produto.

Campos e Lima (2021), afirmam que o Mapeamento de Processo é uma ferramenta gerencial e de comunicação que tem a finalidade de ajudar a melhorar os processos existentes ou de implantar uma nova estrutura voltada para processos.

Dessa forma, esse mapeamento será apresentado visualmente por um fluxograma conforme ilustrado na Figura 10 abaixo, onde foi desenvolvido a partir das informações coletadas e do fluxo de como o processo é executado.

Figura 10. Mapeamento de Processo



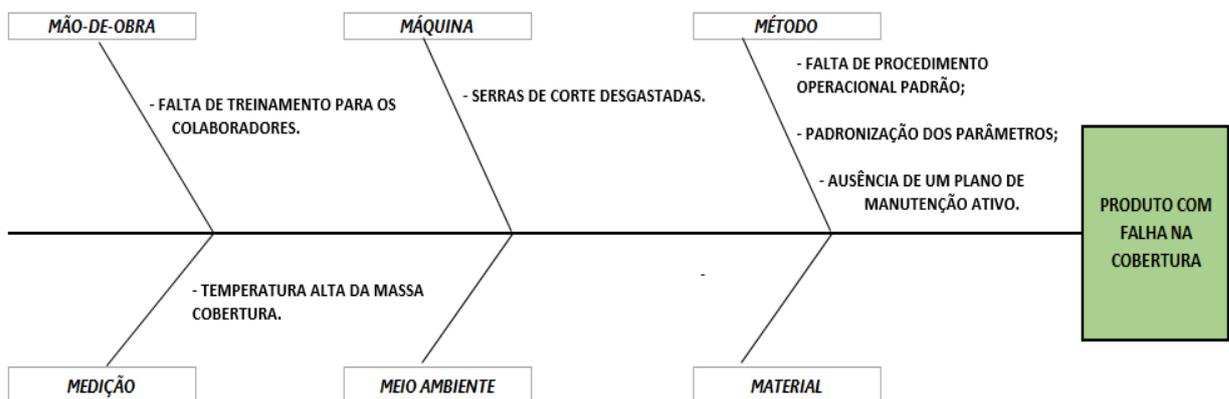
Fonte: Autor (2024)

Na descrição do fluxograma, a área de fabricação inicia no setor do Forno, onde é produzida camadas do biscoito, e em seguida é executada a inspeção de qualidade para analisar os padrões de conformidades. Em caso de reprovação, o produto segue para o setor de reprocessamento. Na sequência, as camadas conformes seguem para o setor de resfriamento, e são direcionadas para a máquina de recheio, onde é realizada a aplicação do recheio entre as camadas. Após aplicação do recheio, o produto segue para inspeção de qualidade, no qual são avaliados os padrões de conformidade e, logo após, é direcionada para o Desumidificador.

Chegando nos setores de corte e cobertura há duas verificações importantes. A primeira é no equipamento de corte do biscoito, onde existe a verificação de integridade dos componentes do equipamento e de execução do corte. Neste contexto, em caso de reprovação, o produto segue para o setor de reprocessamento. A segunda verificação está no equipamento de cobertura, recebendo o acompanhamento dos parâmetros de processo e inspeção diária dos componentes do equipamento. Dessa forma, em caso de reprovação, o produto é direcionado para o setor de reprocessamento. Com isso, é possível afirmar que, não existem procedimentos para solicitação de ajustes das possíveis não conformidades encontradas em ambos os setores do processo produtivo.

No segundo momento, a fim de analisar a geração dos produtos com falha na cobertura, foi utilizado o diagrama de Ishikawa para listar as possíveis causas do problema. Para construir o diagrama de Ishikawa foram executadas inspeções e coleta de amostras dos setores de corte e cobertura para identificar as possíveis causas raízes das não conformidades observadas. O diagrama resultante da análise pode ser observado na Figura 11.

Figura 11. Diagrama de Ishikawa



Fonte: Autor (2024)

Para chegar no resultado da análise e identificar os potenciais causas o time do projeto buscou observar os seguintes pontos:

- Existe algum procedimento operacional padrão para os equipamentos?
- Os colaboradores estão devidamente treinamentos?
- O equipamento está dentro das condições básica?
- Existe um plano de manutenção periódico para o equipamento?
- Os parâmetros de processo estão devidamente padronizados?

De acordo com o resultado do diagrama, as possíveis causas mencionadas nos 6M's foram dadas através das observações levantadas anteriormente. Como pode ser visto na Figura 11, as causas definidas relacionadas a falha de cobertura do produto podem ser justificadas abaixo:

Mão de Obra: Para a causa de falta de treinamento para os colaboradores, foi possível identificar que alguns colaboradores novatos não estavam devidamente treinados e aptos para assumir o posto de trabalho nos setores de corte e cobertura do produto;

Máquina: Para a causa de serras de cortes desgastadas foi identificado que as mesmas estavam recebendo um atrito alto por falta de condição básica do equipamento. Com essa condição o produto mal cortado consequentemente apresenta a falha na cobertura;

Método: Para a causa da falta de procedimento operacional padrão e padronização dos parâmetros, foi identificado que nos setores de corte e cobertura as instruções de trabalho estavam desatualizadas, sem *checklist* de procedimentos operacionais e de padronização dos parâmetros e com ausência de um plano de manutenção ativo. Dessa forma, dificultando a tomada de decisão dos colaboradores frente a geração dos produtos com defeitos e falta de manutenções nos equipamentos;

Medição: Para a causa de temperatura alta da massa cobertura, foi identificado no setor que a válvula solenoide responsável pela têmpera da massa cobertura esteava danificada, além disso, os colaboradores não realizavam a medição de temperatura da massa cobertura. Devido à ausência de inspeção e acompanhamento, a massa estava com temperatura elevada causando pequenas falhas de cobertura no biscoito;

Meio ambiente: Não se aplicou ao problema proposto;

Material: Não se aplicou ao problema proposto.

4.3 Fase 3: Análise de Dados

Após a análise das causas apresentadas no subtópico anterior, foi utilizado o método dos 5 porquês para identificar as causas raízes conforme ilustrado no Quadro 6 abaixo.

Quadro 6. Método dos 5 porquês

CAUSA	1º PORQUÊ?	2º PORQUÊ?	3º PORQUÊ?	4º PORQUÊ?	5º PORQUE (CAUSA RAIZ)
Falta de treinamento para os colaboradores	Falha na gestão de treinadores	Ausência de plano de treinamentos para colaboradores novatos	Ausência de um setor de educação e treinamento de manufatura	Falta de um plano de investimento	Falta de um plano de investimento
Serras de cortes desgastadas	Atrito alto nas serras de cortes	Empurrador com avanço desalinhado	Falha de automação no avanço	Sistema de automação com alinhamento fora da especificação	Sistema de automação com alinhamento fora da especificação
Ausência do plano de manutenção	Falha na gestão de manutenção	Ausência de mão-de-obra qualificada	Falta de qualificação para os técnicos		Falta de qualificação para os técnicos
Falta de procedimento operacional padrão	Falha na gestão de operacional	Falta de inspeção das instruções de trabalho	Falta de treinamento para os gestores de operação	Ausência de um setor de educação e treinamento de manufatura	Ausência de um setor de educação e treinamento de manufatura
Falta de padronização de parâmetros	Parâmetros fora de controle	Falha na gestão de processos	Ausência de um <i>checklist</i> nos setores de corte e cobertura		Ausência de um <i>checklist</i> nos setores de corte e cobertura
Temperatura alta da massa cobertura	Falha na válvula solenoide do sistema de tempera da massa cobertura	Falta de inspeção	Ausência de um plano de acompanhamento diário		Ausência de um plano de acompanhamento diário

Fonte: Autor (2024)

As análises foram feitas através das causas identificadas no diagrama de Ishikawa. Nesse sentido, a partir dos relatos no acompanhamento da produção, apresentados durante as entrevistas aos colaboradores, pode-se observar que, o processo apresentava diversos desvios operacionais e falhas de gestão que mostram que a sistemática não está devidamente controlada.

4.4 Fase 4: Melhoria dos Processos

De forma a regularizar o processo, nesta etapa de melhoria foi utilizado a matriz de priorização GUT para definir e priorizar quais soluções devem ser levadas para o plano de ação, que foi desenvolvido pela ferramenta 5W2H para solucionar as causas identificadas nas etapas anteriores deste estudo e eliminar a geração de produtos com falha na cobertura.

Para a construção da matriz de priorização foi atribuído pesos através de um *brainstorming* pela equipe especialista, para os fatores de gravidade urgência e tendência, sendo eles:

- Gravidade com peso 7;
- Urgência com peso 8;
- Tendência com peso 10.

Em seguida, foi atribuído pesos também dados através do *brainstorming*, para classificar as possíveis soluções selecionada e verificar qual a sua correlação, com gravidade, urgência e tendência, sendo eles:

- Peso 1 para correlação fraca;
- Peso 3 para correlação moderada;
- Peso 5 para correlação forte.

De acordo com a atribuição dos valores, é possível afirmar que, as ações com um total acima de 100 serão consideradas críticas e com correlação forte com a falha na cobertura do produto. Dessa forma, a aplicação da matriz de priorização GUT pode ser observada no Quadro 7 abaixo.

Quadro 7. Matriz de Priorização GUT

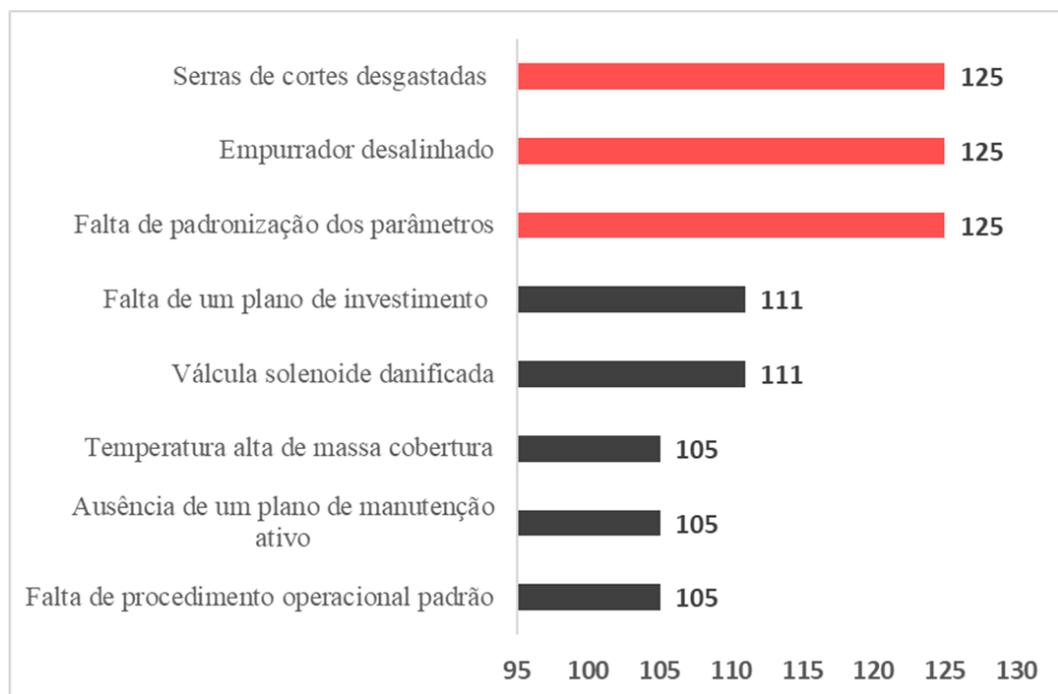
CAUSAS	POSSÍVEIS SOLUÇÕES	GRAVIDADE	URGÊNCIA	TENDÊNCIA	Total
		7	8	10	
Falta de um plano de investimento	Criar um plano de investimento para o setor de educação e treinamento	3	5	5	111
Serras de cortes desgastadas	Realizar alinhamento do empurrador e travar dentro da especificação	5	5	5	125
	Realizar troca das serras desgastadas	5	5	5	125
Falta de procedimento operacional padrão	Criar <i>checklist</i> de procedimento operacional padrão para o setor de corte e cobertura.	5	5	3	105
Falta de qualificação para os técnicos	Criar um plano de qualificação voltado para planejamento e controle da manutenção para os técnicos	3	5	5	111
Falta de padronização dos parâmetros	Criar <i>checklist</i> de parâmetros atualizados para o setor de corte e cobertura.	5	5	5	125
Ausência de um plano de manutenção ativo	Criar um plano de manutenção e inspeção diária e semanal para os equipamentos do setor de corte e cobertura.	5	5	3	105
Temperatura alta da massa cobertura	Substituição de válvula solenoide do sistema de temperagem da massa cobertura	3	5	5	111
	Criar plano de medição diário para acompanhamento da temperatura da massa cobertura	5	5	3	105

Fonte: Autor (2024)

De acordo com Freitas (2012), a gravidade, urgência e tendência em relação as causas raízes identificadas, avalia a criticidade dos problemas; o quão rápidas devem ser as providências a serem tomadas e o que poderá ocorrer caso nenhuma medida resolutiva seja

tomada. Assim, este método ajuda a avaliar variadas opções segundo os critérios previamente definidos. Como pode ser observado no Quadro 7, todas as ações apresentam fortes correlações com os fatores de gravidade, urgência e tendência. Visto que, os resultados de todas as ações foram acima de 100, o que classifica todas como importantes para solucionar o problema de falha na cobertura dos produtos. Na Figura 12 pode ser observado o *score* das causas potenciais com maiores correlações com o problema.

Figura 12. *Score* das Causas Potenciais.



Fonte: Autor (2024)

Analisando a Figura 12, é possível afirmar que, as ações com maiores *scores* foram as relacionadas diretamente com a causa: Serra de corte desgastada e empurrador desalinhado com um total de 125 pontos. Além disso, a ação voltada para a causa de falta de padronização dos parâmetros, também apresentou um *score* com 125 pontos de correlação com o problema. Sendo assim, todas as ações priorizadas serão levadas para o plano de ação proposto 5W2H que pode ser ilustrado no Quadro 8, abaixo.

Quadro 8. Plano de Ação 5W2H

PLANO DE AÇÃO - 5W2H							
Equipamento	O que?	Porque?	Onde?	Quando?	Quem?	Como?	Quanto?
Corte/Cobertura	Criar um plano de investimento para o setor de educação e treinamento	Falta de treinamento para os colaboradores	Setor de corte e cobertura	04/12/2023	Estagiário de Manufatura	De acordo com o planejamento da gestão de manufatura	R\$ -
Corte	Realizar alinhamento do empurrador e travar dentro da especificação	Serras de corte desgastadas	Setor de fabricação no Equipamento de Corte	05/12/2023	Técnico em Automação	Na parada planejada de linha	R\$ -
Corte	Realizar troca das serras desgastadas	Serras de corte desgastadas	Setor de fabricação no Equipamento de Corte	05/12/2023	Técnico em Automação	Na parada planejada de linha	R\$ -
Corte/Cobertura	Falta de procedimento operacional padrão	Falta de procedimento operacional padrão	Setor de corte e cobertura	04/12/2023	Estagiário de gestão da operação	De acordo com o planejamento da gestão de operação	R\$ -
Corte/Cobertura	Criar <i>checklist</i> de parâmetros atualizados para o setor de corte e cobertura.	Falta de padronização dos parâmetros	Setor de corte e cobertura	06/12/2023	Estagiário de gestão de processos	De acordo com o planejamento da gestão de processos	R\$ -
Corte/Cobertura	Criar um plano de manutenção e inspeção diária e semanal para os equipamentos do setor de corte e cobertura.	Ausência de um plano de manutenção ativo	Setor de corte e cobertura	08/12/2023	Planejador de Manutenção	De acordo com o planejamento de manutenção	R\$ -
Corte/Cobertura	Criar um plano de qualificação voltado para planejamento e controle da manutenção para os técnicos	Falta de qualificação para os técnicos	Setor de corte e cobertura	08/12/2023	Planejador de Manutenção	De acordo com a gestão de manutenção	R\$ -
Cobertura	Substituição de válvula solenoide do sistema de temperagem da massa cobertura	Temperatura alta da cobertura	Setor de cobertura	14/12/2023	Técnico em manutenção	De acordo com o planejamento de manutenção	R\$ 15.000
Cobertura	Criar plano de medição diário para acompanhamento da temperatura da massa cobertura	Temperatura alta da cobertura	Setor de cobertura	11/12/2023	Estagiário de gestão de processos	De acordo com o planejamento da gestão de processos	R\$ -

Fonte: Autor (2024)

4.5 Fase 5: Controle dos Ganhos

Para a etapa de controle a primeira iniciativa realizada será solicitar a liderança de todos os setores que as equipes devem ser treinadas sobre a atualização dos procedimentos internos que serão implementados através das ações geradas no plano de ação 5W2H. Nesse contexto, se faz necessário que esses treinamentos sejam direcionados de forma gerencial para que o nível estratégico da empresa esteja de acordo com os novos procedimentos.

Caso o processo esteja estabilizado após a aplicação das modificações propostas nas etapas anteriores, na fase de controle dos ganhos foram sugeridas as atividades para garantir a sustentabilidade dos resultados, sendo assim, seguindo para a conclusão do ciclo DMAIC:

- Registrar as mudanças e revisar os procedimentos operacionais para garantir a qualidade obtida a partir deste projeto;
- Garantir que o plano de manutenção e inspeção dos equipamentos esteja ativo;
- Realizar análise de eficácia dos treinamentos (após três meses) e, caso haja reincidência de falhas operacionais durante este período, realizar reciclagem dos treinamentos para os colaboradores;
- Realização da medição diária de temperatura da massa cobertura;
- Introduzir o KPI (*Key Performance Indicator*) de performance no pilar de gestão de processos e manutenção para garantir o bom funcionamento do sistema produtivo;
- Realizar análise dos parâmetros padronizados (após seis meses) e, caso haja necessidade de alterações, garantir que o *checklist* seja atualizado com as mudanças e acompanhado pela operação;
- Realizar gestão visual dos parâmetros, caracterizando-os com cores para os classificar quando estiverem dentro e fora da especificação.

Sendo assim, caso a falha na cobertura no produto não seja resolvida, deve-se registrar as atividades e se de interesse da organização, realizar um novo giro do ciclo DMAIC neste processo com uma nova abordagem.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente com a evolução industrial, as empresas vêm se tornando cada vez mais competitivas. Com isso, para se destacar dos seus concorrentes no novo cenário, tornou-se necessário o investimento em metodologias, técnicas e estratégicas para garantir maior produtividade, redução de custo e maior qualidade dos produtos, a fim de satisfazer a necessidades dos seus clientes. Dessa forma, pode-se afirmar que as empresas do ramo alimentício estão buscando investir em procedimentos e métodos para se manterem vivas no mercado competitivo.

Diante do exposto, a metodologia Seis sigmas estabelece uma abordagem eficiente para aumentar a performance e lucratividade das organizações em curto espaço de tempo, onde permite o gerenciamento geral dos processos e garantia de resultados significantes a partir das ferramentas integradas no seu sistema. Nesse âmbito, a integração das ferramentas da qualidade ao ciclo DMAIC foram cruciais para este estudo na busca de melhoria contínua e otimização dos processos de forma versátil e objetiva.

Sendo assim, o foco dessa pesquisa foi proporcionar grandes benefícios que possibilitem identificar os problemas de qualidade do processo produtivo, com o foco em reduzir as variabilidades por meio da aplicação das ferramentas de gestão da qualidade incluída nas etapas do ciclo DMAIC.

O objetivo da realização deste estudo foi para identificar as falhas de qualidade do processo produtivo de biscoito em uma indústria localizada no estado de Pernambuco, propondo uma abordagem integrando o método de resolução de problemas DMAIC com o auxílio das ferramentas de gestão da qualidade. Nessa abordagem proposta, foram inseridas as seguintes ferramentas: Gráfico de Pareto; Carta de Controle; Mapeamento de Processos; Fluxograma; Diagrama de Ishikawa; 5 porquês; Matriz de Priorização GUT e o 5W2H, tendo o propósito de garantir a satisfação dos clientes e a competitividade de mercado.

Com a aplicação das ferramentas integradas ao ciclo DMAIC é possível afirmar que, os objetivos foram alcançados de forma eficiente para o processo produtivo de biscoitos, identificando não só os principais problemas de qualidade, mas também, a ausência de procedimentos internos padronizados, ineficiência operacional e falha de gestão e planejamento de manutenção dos ativos.

Ainda nesta abordagem, após a análise dos resultados obtidos neste estudo pode-se concluir que, a aplicação da metodologia seis sigmas através das etapas do método DMAIC, foi crucial para identificar as possíveis variabilidades do processo de fabricação do biscoito, onde de forma organizada, com o auxílio das ferramentas da qualidade, conseguiu-se identificar as principais causas das falhas existentes no processo produtivo. Além disso, foi elaborado um plano de ação para estabelecer medidas que objetivam a solução dos problemas e as diretrizes de controle para garantir os resultados deste estudo.

Neste contexto, a primeira etapa do ciclo aplicado, abordou a definição dos problemas no setor de fabricação do biscoito, através da aplicação da ferramenta gráfico de Pareto para identificação da principal falha de qualidade do produto. Em adição a isso, foi utilizado a carta de controle para analisar se o processo estava dentro dos limites de controle especificado pela organização.

Na etapa seguinte, foi utilizado o fluxograma para realizar o mapeamento do processo do setor de fabricação, de forma a identificar quais das atividades influenciam na falha de cobertura do produto, e depois, o diagrama de Ishikawa para identificar as possíveis causas da falha potencial encontrada na etapa de definição.

Na etapa de análise, foi utilizado a ferramenta dos 5 porquês para identificar as causas raízes detectadas através da aplicação do diagrama de causa e efeito na etapa de medição. Posteriormente, na etapa de melhoria, a presente pesquisa aplicou a matriz GUT para priorizar as ações geradas por meio da equipe do projeto, de acordo com os fatores de gravidade, urgência e tendência. Como resultado, obteve-se um plano de ação através da ferramenta 5W2H.

Por fim, foram abordadas as medidas de controle que precisam ser adotadas para a garantia e sustentabilidade do resultado deste estudo.

Acredita-se que essas aplicações podem contribuir para o desenvolvimento e melhoria das organizações, incentivando-as a refletirem e analisar sobre a “saúde” dos seus processos, de forma a garantir o seu nível de serviço e satisfação dos clientes. Com isso, a empresa estará em constante avaliação e atualização dos seus produtos e serviços, de maneira a se manter competitiva no mercado. Outros benefícios podem ser citados como a valorização da imagem da empresa e capacitação operacional corporativa, visando uma cultura de excelência em seus produtos e processos.

A limitação para a elaboração deste estudo, foi a ausência de procedimentos internos padronizados e a mudança de cultura operacional, tornou-se uma limitação parcial diante dos

colaboradores envolvidos no setor de fabricação, o que conseqüentemente ocasionou atrasos de informações e uma duração mais longa deste estudo.

A proposição de pesquisas futuras, dar-se pela resolução das ações propostas no plano de ação 5W2H, criado na etapa de melhoria deste estudo, comparando os resultados do estado presente e futuro para analisar as ações na redução de produtos com falha na cobertura. Além disso, propõe-se investigar as demais falhas potenciais identificadas nos resultados da pesquisa.

Vale ressaltar que os resultados da integração dessas metodologias variam conforme a sua aplicação, interações entre departamentos, equipes envolvidas e acompanhamento de forma contínua, a fim de garantir que o funcionamento e controle efetivo das estratégias adotadas estejam bem alinhadas com o objetivo da organização.

Por fim, é importante compreender que, não se gerencia o que não se mede, não se mede o que não se define, não se define o que não se entende, e não há sucesso no que não se gerencia.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, P.; ANTONY, J.; RODGERS, B. Lean Six Sigma for small- and médium sized manufacturing enterprises: a systematic review. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v.36, n.3, p. 378-397, 2020.

ABIA (Associação Brasileira da Industria de Alimentos). **Associação Brasileira da Industria de Alimentos**. Disponível em: <https://www.abia.org.br/numeros-setor#:~:text=A%20ind%C3%BAstria%20brasileira%20de%20alimentos,de%20empregos%20formais%20e%20diretos>. Acesso em: 27 set. 2023.

ADDEH, J., EBRAHIMZADEH, A., AZARBAD, M., & RANAEE, V. Statistical process control using optimized neurais networks: A case study. **ISA Transactions**, 53(5), 1489–1499, 2020.

BARBROW, S., & HARTLINE, M. Process mapping as organizational assessment in academic libraries. **Performance Measurement and Metrics**, 16, 2021.

BASTOS, M. **Ferramentas da Qualidade – Matriz Gut**, 2021. Disponível em <http://www.portal-administracao.com/2014/01/matriz-gut-conceito-e-aplicacao.html>. Acesso em 25 set. 2023.

BARROS, E. **Ferramentas da Qualidade**. São Paulo: Editora Pearson, 2021.

CARPINETTI, L. **Gestão da qualidade**. 2. ed. Sao Paulo: Atlas, 2021.

CAMPOS, R. A.; LIMA, A. M. P. **Mapeamento de processos: Importância para as organizações**. 2021. Disponível em: <http://www.ufrj.br/codep/materialcursos-/projetomapeamento/MapeamentoProcessos.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2024.

CARVALHO, M.M; PALADINI, E. P. **Gestão da Qualidade: Teorias e Casos**. 2ª Edição. Rio de Janeiro: Elsevier, 2020.

CAMPOS, Marco Siqueira. **Minitab**. 2023. Disponível em: <http://www.siqueiracampos.com/parce.asp>. Acesso em: 22 dez. 2023.

CORRÊA, O. G. *et al.* Investigação do Seis Sigma na redução do tempo de setup: uma pesquisa empírica em uma empresa do setor de polímeros. **Produto & Produção**, vol. 15, n. 3, p. 33-45, 2020.

CURY, A. **Organização e métodos: Uma visão holística**. São Paulo: Atlas, 2020.

CRUZ, T. **Sistemas, organização e métodos**. Estudo integrado orientado a processos de negócios sobre organizações e tecnologias da informação. Introdução à gerência do conteúdo e do conhecimento. São Paulo: Atlas, 2021.

CLETO, M. G.; QUINTEIRO, L. Gestão de projetos através do DMAIC: um estudo de caso na indústria automotiva. **Produção Online, Universidade Federal do Paraná**. V. 11. Nº 01: março de 2021.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2020.

COUTINHO, T. **Você sabe o que é Fluxograma e como fazer um?** Temos 4 dicas para você. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/fluxograma>. Acesso em: 19 set. 2023.

DAYCHOUM, M. **40 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento**. Rio de Janeiro: Brasport, 2021.

DEMING, W. E. **Out of the Crisis** (1ª ed.). Cambridge: Massachusetts Inst Technology, 2020.

FM2S. **Fluxograma: O que é? Como fazer? Quais os tipos**. 2023. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/blog/tudo-sobre-Fluxograma>. Acesso em: 18 set. 2023.

FRANCISCHINI, A. S.; FRANCISCHINI, P. G. **Indicadores de Desempenho: Dos objetivos à ação - métodos para elabora KPIs e obter resultados**. Porto Alegre: Alta Books Editora, 2021. 8550804282.

FERREIRA, G.L.; MORGADO, T.S.V. Melhoria dos processos produtivos através da aplicação das ferramentas de gestão de produção: estudo de caso em uma empresa do ramo de navegação. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, 2021.

FREITAS, P. R. C. **Proposta e aplicação de um modelo de ferramentas da qualidade para solução de problemas de uma metalúrgica de pequeno porte**. Tese de Doutorado. Tese de mestrado em Engenharia de Produção, Faculdade Horizontina, 2020.

FALCONI V. **TQC: Controle da Qualidade Total (no estilo japonês)**. 9 ed. Nova Lima, MG. 2021.

FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v.22, n.2, p.152 – 194, 2020.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

HÉKIS, H. R.; SILVA, A.C.; OLIVEIRA, I. M. P.; ARAÚJO, J.P.F. Análise GUT e a gestão da informação para tomada de decisão em uma empresa de produtos orgânicos do Rio Grande do Norte. **Revista Tecnologia Fortaleza, Fortaleza**, v. 34, n. 1 e 2, p. 20-32, dez. 2020. Fortaleza.

HARRY, M., & SCHROEDER, R. **Six sigma: the breakthrough management strategy revolutionizing the world's top corporations**. New York: Doubleday, 2020.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9294-pesquisa-industrial-mensal-producao-fisica-brasil.html>. Acesso em: 22 set. 2023.

SANTOS, Carlos. **5 ferramentas de gestão simples que não podem faltar em um projeto**. 2020. Disponível em: <https://www.projectbuilder.com.br/blog/5-ferramentasde-gestao-simples>. Acesso em: 03 set. 2023.

KOTTNER, J. The value of Statistical Process Control in quality improvement contexts: Commentary on Unbeck *et al.* (2020). **International Journal of Nursing Studies**, 51(1), 346-349, 2020.

KELLER, D.S., PAULA, T.R.; YU, G.; ZHANG, H.; AL-MAZROU, A.; KIRAN, R.P. Statistical Process Control (SPC) to drive improvement in length of stay after colorectal surgery. **The American Journal of Surgery**, 219(1), 1006-1011, 2020.

KUME H. **Métodos estatísticos para melhoria da qualidade**. São Paulo: Ed. Gente; 2020.

LUCINDA, Marco Antônio. **Qualidade fundamentos e práticas para cursos de graduação**. Rio de Janeiro. Editora Brasport, 2020.

MATTOSINHO, Luís. **Mapeamento de processos: o que é, importância e como fazer**. Disponível em: <https://caetreinamentos.com.br/blog/processos/mapeamento-processos>. Acesso em: 19 set. 2023.

MARTINS, R. A.; MERGULHÃO, R. C.; JÚNIOR, L. S. B. The enablers and inhibitors of six sigma projects in a brazilian cosmetic factory. **In: Third International Conference on Production Research Americas' Region 2006 (ICPR-AM06)**, Curitiba, 2020.

Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/255012275_THE_ENABLERS_AND_INHIBITORS_OF_SIX_SIGMA_PROJECT_IN_A_BRAZILIAN_COSMETIC_FACTORY.

Acesso em: 22 set. 2023.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2021.

MARANHÃO, M.; MACIEIRA, B. E. M. **O processo nosso de cada dia, modelagem de processos de trabalho**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2021.

MOYA, C. A.; GALVEZ, D.; MULLER, L.; CAMARGO, M. A new framework to support Lean Six Sigma deployment in SMEs. **International Journal of Lean Six Sigma**, v.10, n.1, p. 58-80, 2020.

MONTGOMERY, D. C. **Introduction to Statistical Quality Control (7ª ed.)**. Nova Jersey: John Wiley & Sons, 2019.

NAPOLEÃO, Bianca. **5 Porquês**. Disponível em:

<https://ferramentasdaqualidade.org/5porques/#:~:text=O%205%20Porqu%C3%AAs%20C3%A9%20uma,ou%20seja%2C%20a%20causa%20raiz> Acesso em: 15 set. 2023.

NARULA, V.; GROVER, S. **Six Sigma: Literature Review and Implications for**

Future Research. 2015. Disponível em: <http://ijiepr.iust.ac.ir/article-1-597-en.html>. Acesso em: 2 nov. 2023.

NIÑEROLA, A.; Sánchez-Rebull, M.V.; Hernandez-Lara, A.B. Six Sigma: A Bibliometric Analysis. **Total Quality Management & Business Excellence**, 2019.

NGO, Q. Eficácia dos ajustes estratégicos em um mercado competitivo: foco em pequenas empresas em um país emergente. **Revista De Administração De Empresas**, v.62, n.6, 2022.

OLIVEIRA, R. P. D. **Sistemas, organização e métodos**. São Paulo: Atlas, 2020.

PALADINI, E.P. **Gestão estratégica da qualidade – princípios, métodos e processos**. São Paulo: Atlas, 2020.

REIS, Tiago. **O que é o Diagrama de Pareto e como utilizá-lo para melhorar processos**. São Paulo: SUNO, 2021.

ROCHA, P.; ALBUQUERQUE, A. **Sincronismo organizacional**. São Paulo: Saraiva, 2020.

ROSSI, T.; PRIM, M.A., BEM, R.M.; DANDOLIN, G.A. Mapeamento de processos na BU/UFSC: aplicação do framework GC@ BU. **Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação**, 10(1), 204-217, 2020.

RODRIGUES, M.V. **Ações para a qualidade: GEIQ, gestão integrada para a qualidade: padrão seis sigma, classe mundial**. Qualitymark. 2020.

SHEWHART, W. A. **Statistical Method from the Viewpoint of Quality Control (1ª ed)**. Washington: Graduate School of the Department of Agriculture, 2020.

SELEME, R.; STADLER, H. **Controle da Qualidade: as ferramentas essenciais**. Curitiba: Intersaberes, 2021.

SLACK, N., Chambers, S.; Johnston. R. (2020). **Administração da Produção**. São Paulo: Atlas, 2020.

SANTOS, A.P. *et al.* **Utilização da ferramenta Diagrama de Pareto para auxiliar na identificação dos principais problemas nas empresas**. Unisaesiano, Aracatuba, Vol. 1, 2020.

SILVA, S.B. *et al.* **Diagrama de Pareto: verificação da ferramenta de qualidade por patentes**. Anais do XI SIMPROD, 2019.

SILVA, C. Gestão Do Conhecimento E Aprendizagem Na Gestão De Projetos Gestão do Conhecimento e Aprendizagem. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 25816-25834, 2021.

SILVA, E.M. **Pesquisa Operacional - Para os Cursos de Administração e Engenharia, 5ª edição**. São Paulo: Grupo GEN, 2020.

SILVA, F. **Diagrama de Pareto como ferramenta de análise de falhas**. 2021. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/diagrama-de-pareto-como-ferramenta-an%C3%A1lise-falhas-teixeira-silva/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 06 ago. 2023.

SILVA, R. **5 Porquês (5 Whys): Técnica de análise e Solução de Problemas**. 2020. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/5-porqu%C3%AAs-whys-t%C3%A9cnica-de-an%C3%A1lise-solu%C3%A7%C3%A3o-problemas-robson-silva/> Acesso em: 02 set. 2023.

SCATOLIN, A. C. **Aplicação da metodologia Seis Sigma na redução das perdas de um processo de manufatura**. São Paulo, 2020.

STRAFACCI, G. **Lean Seis Sigmas: Guia de bolso**. São Paulo: Setec Consulting Group, 2019.

VALOSO, A. **Diagrama de Ishikawa: Uma Ferramenta Essencial para a Qualidade em Pequenas Empresas**. 2023. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/diagrama-de-ishikawa-uma-ferramenta-essencial-para-qualidade-veloso/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 19 ago. 2023.

VIEIRA S. **Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. Rio de Janeiro: Elsevier; 2020.

WEISS, A.E. **Key business solutions: essential problem-solving tools and techniques that every manager needs to know**. Grã-Bretanha: Pearson Education Limited, 2021.

WERKEMA, C. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2020.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2020.

ZHANG, W.; Hill, A.V.; Gilbreath, G.H. (2020). Six Sigma: a retrospective and prospective study. **POMS 20th Annual**,2020.