



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
NÚCLEO DE TECNOLOGIA  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DAVID JORGE DA SILVA

**Aplicação Integrada de Elementos da Metodologia Seis Sigma na Redução da  
Indisponibilidade de uma Linha de Produção do Setor de Alimentos**

Caruaru  
2020

DAVID JORGE DA SILVA

**Aplicação Integrada de Elementos da Metodologia Seis Sigma na Redução da Indisponibilidade de uma Linha de Produção do Setor de Alimentos**

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

**Área de concentração:** Engenharia da Qualidade

**Orientadora:** Prof.<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Renata Maciel de Melo

Caruaru  
2020

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária – Simone Xavier - CRB/4 - 1242

S586a Silva, David Jorge da.  
Aplicação integrada de elementos da metodologia seis sigma na redução da indisponibilidade de uma linha de produção do setor de alimentos. / David Jorge da Silva. – 2020.

45 f. ; il. : 30 cm.

Orientadora: Renata Maciel de Melo.  
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de produção, 2020.  
Inclui Referências.

1. DMAIC. 2. Qualidade. 3. Alimentos - Indústria. 4. Melhoria contínua. I. Melo, Renata Maciel de (Orientadora). II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)  
131)

UFPE (CAA 2020-

DAVID JORGE DA SILVA

**Aplicação Integrada de Elementos da Metodologia Seis Sigma na Redução da Indisponibilidade de uma Linha de Produção do Setor de Alimentos**

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

Aprovado em: 25/11/2020.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Renata Maciel de Melo (Orientadora)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof.<sup>o</sup>. Dr. Osmar Veras (Examinador)  
Universidade Federal de Pernambuco

---

Prof.<sup>a</sup>. Dr. Thalles Garcez (Examinador)  
Universidade Federal de Pernambuco

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida e por me permitir aprender um pouco mais a cada dia.

Agradeço a minha esposa Sharon Melissa Germano, por todo apoio de sempre e por toda paciência que teve comigo principalmente nessa reta final.

Agradeço a toda minha família e em especial a minha mãe Isabel Cristina da Silva que sempre lutou muito para que eu tivesse uma boa educação.

Agradeço a minha orientadora Renata Maciel de Melo por todo apoio e por todas orientações que somaram muito no desenvolvimento desse trabalho.

## RESUMO

A metodologia DMAIC tem forte potencial para auxiliar a estruturação de problemas organizacionais e apoiar na obtenção de soluções para tais problemas. É considerada uma metodologia chave para o sucesso de iniciativas de melhorias que visam a redução de falhas e busca do aumento de produtividade. A aplicação desta se deu em uma indústria do setor alimentício, localizada na região do agreste do estado de Pernambuco, numa linha de biscoitos do tipo laminado, mais precisamente no setor de embalagens. Com sua aplicação foram obtidas melhorias significativas, com uma redução expressiva nas taxas de indisponibilidade da linha, havendo uma redução de 58%. E, foram percebidos aumentos de produtividade significativos em relação aos produtos processados na linha em questão, com uma faixa de aumento de produtividade entre 12 e 32%. Apesar do DMAIC ser um dos elementos da metodologia Seis Sigma, o mesmo quando bem conduzido e com a utilização integrada de Ferramentas da Qualidade pode trazer bons resultados para a organização. A utilização assertiva de Ferramentas e técnicas da Qualidade como o Gráfico de Pareto, a Matriz G.U.T., o Diagrama de Ishikawa, brainstorming, por exemplo, pode preparar a empresa para futuras melhorias, como também a metodologia Seis Sigma em sua totalidade.

Palavras-chave: DMAIC, setor alimentício, qualidade, melhoria contínua.

## **ABSTRACT**

The DMAIC methodology has a strong potential to assist in structuring organizational problems and assist in obtaining solutions to such problems. It is considered a key methodology for the success of improvement initiatives aimed at reducing failures and seeking to increase productivity. The application of this took place in an industry in the food sector, located in the countryside of the state of Pernambuco, in a line of laminated type cookies, more precisely in the packaging sector. With its application, improvements were implemented, with a significant reduction in line unavailability rates, with a reduction of 58%. And, productivity increases were observed in relation to the products processed in the line in question, with a range of productivity increase between 12 and 32%. Although DMAIC is one of the elements of the Six Sigma methodology, the same when well conducted and with the integrated use of Quality Tools can bring good results to the organization. The assertive use of Quality Tools and techniques such as the Pareto Chart, the G.U.T. Matrix, the Ishikawa Diagram, brainstorming, for example, can prepare the company for future improvements, as well as the Six Sigma methodology in its entirety.

Keywords: DMAIC, food sector, quality, continuous improvement.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo DMAIC.....	15
Figura 2 - Ciclo PDCA .....	19
Figura 3 - Correspondência entre o DMAIC e o PDCA.....	20
Figura 4 - Gráfico de Pareto .....	23
Figura 5 - Diagrama de Ishikawa.....	25
Figura 6 - Fluxograma de etapas da metodologia .....	27
Figura 7 - Fluxograma do processo produtivo.....	30
Figura 8 - Seis Sigma, DMAIC e Ferramentas.....	31
Figura 9 - Gráfico de Pareto (linha de laminados).....	34
Figura 10 - Diagrama de Ishikawa (Filme com bom rendimento) .....	37
Figura 11 - Diagrama de Ishikawa (Mordente sincronizado) .....	37
Figura 12 - Gráfico de taxas de indisponibilidade de linha.....	38

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Conceito dos critérios (Matriz GUT) .....	24
Tabela 2 - Pontuação (Matriz GUT) .....	24
Tabela 3 – Project Charter .....	32
Tabela 4 - Principais problemas/motivos das paradas de linha .....	33
Tabela 5 - Horas paradas X problema/motivo .....	34
Tabela 6 - Matriz GUT (estudo de caso) .....	35
Tabela 7 - Lista de causas principais.....	36

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
1.1	Justificativa.....	12
1.2	Objetivos.....	13
1.2.1	Objetivo Geral.....	13
1.2.2	Objetivos Específicos.....	13
1.3	Estrutura do Trabalho.....	13
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>14</b>
2.1	Seis Sigma.....	14
2.2	A Metodologia DMAIC.....	15
2.2.1	Etapa D ( <i>Define</i> ) – Definir .....	16
2.2.2	Etapa M ( <i>Measure</i> ) – Medir.....	17
2.2.3	Etapa A ( <i>Analyze</i> ) - Analisar.....	17
2.2.4	Etapa I ( <i>Improve</i> ) – Melhorar.....	18
2.2.5	Etapa C ( <i>Control</i> ) – Controlar.....	18
2.3	A relação entre o DMAIC e o ciclo PDCA.....	18
2.4	Uso da metodologia DMAIC no setor de alimentos.....	20
2.5	Principais ferramentas atreladas ao DMAIC.....	21
2.5.1	Brainstorming.....	22
2.5.2	Carta do Projeto ( <i>Project Chart</i> ).....	22
2.5.3	Gráfico de Pareto.....	22
2.5.4	Matriz G.U.T.....	24
2.5.5	Diagrama de Ishikawa.....	24
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>26</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>28</b>
4.1	Estudo de Caso.....	28
4.1.1	Caracterização da empresa.....	28
4.1.2	Descrição do processo produtivo.....	28
4.2	Aplicação do DMAIC.....	30
4.2.1	Definir.....	31
4.2.2	Medir.....	32
4.2.3	Analisar.....	36

4.2.4	Melhorar.....	38
4.2.5	Controlar.....	38
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>40</b>
5.1	Dificuldades, limitações e sugestões para trabalhos futuros.....	41
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>42</b>

## **1 INTRODUÇÃO**

Segundo Campos (2016), o setor de alimentos e bebidas brasileiro representa aproximadamente 10% do total do Produto Interno Bruto – PIB do país e é internacionalmente conhecido pelo seu desenvolvimento e estrutura. Esse setor contribui fortemente com a economia brasileira e tem grande potencial para fortalecer ainda mais, porém, assim como em qualquer outro setor, necessita de sustentações estratégicas no que se refere a seus custos e sua produtividade (COSTA e SILVA, 2018). Outrossim, o acirramento da concorrência presente no ambiente empresarial pressiona as organizações a respeito de uma dependência de vários fatores que garantam a sobrevivência, como a habilidade e rapidez de inovar e efetuar melhorias contínuas. Como resultado, segundo Kardec e Nascif (2004), as organizações vêm buscando obstinadamente novas ferramentas de gerenciamento com o intuito de serem direcionadas para uma maior competitividade através de uma maior qualidade de seus produtos e produtividade de seus processos e serviços.

Em setores de manufatura com procedimentos de vários estágios e que exige uma alta velocidade, as paradas de linha de produção podem ser caras e adicionar uma fabricação de resíduos indesejáveis. Para evitar essas falhas aleatórias e o impacto de tais falhas, na eficiência dos processos, que tendem a diminuir a taxa de produção e aumentar a perda de qualidade do produto, é necessário o uso de técnicas, ferramentas e metodologias alinhadas a uma gestão eficaz. Nesse cenário, como exposto por Carroll (2016), os processos seis sigma tem se mostrado excelentes ferramentas para tornar processos mais eficientes e eficazes, fornecer melhores produtos aos clientes e com preços mais competitivos.

Sin et al. (2015) afirmam que a implementação de melhoria de processos, no que se refere ao uso do seis sigma, conta com a metodologia DMAIC que diz respeito a uma sequência de etapas capazes de conduzir de forma sistemática um estudo de melhoria. Essas etapas são: definir, medir, analisar, melhorar e controlar. Além disso, ao ser identificado um problema, pela organização, através da metodologia DMAIC pode ser utilizado um conjunto de técnicas e ferramentas de forma lógica e sistemática a fim de obter uma solução sustentável. Shankar (2009) afirma que o seu uso irá colocar a organização em uma posição competitiva, já que as soluções resultantes irão minimizar ou eliminar o problema.

Diante disso, o presente trabalho fornece a utilização do DMAIC como metodologia de apoio para redução do tempo de linha parada, de biscoitos laminados, em uma indústria localizada no agreste de Pernambuco a fim de aumentar a disponibilidade desta. Estrutura do Trabalho

## 1.1 Justificativa

A busca por melhorias no processo produtivo, associada ao aumento de produtividade e redução de custo, tornou-se um fator indispensável dentro do mercado atual. O ambiente globalizado tem refletido um mercado produtivo ainda mais competitivo e com isso as empresas necessitam reagir de forma rápida e efetiva. Nesse sentido, é preciso trabalhar de forma sistemática, objetiva e direta a fim de atingir resultados satisfatórios e, de fato, ser capaz de sobreviver frente a concorrência. No setor de alimentos, essa busca ainda deve considerar a criticidade de seus produtos finais por serem diretamente consumidos por humanos e enfrentarem, necessárias, regulamentações mais rigorosas.

Como comenta Rotondaro (2002), a metodologia DMAIC auxilia na busca por melhorias já que tem como foco melhorar o desempenho de processos, evitando desperdícios, falhas e utilizando de uma coleta de dados para medir e melhorar tal desempenho. É considerada uma chave para o sucesso de iniciativas de melhoria por ser uma abordagem passo a passo e organizar o uso de uma grande variedade de ferramentas durante os projetos (COSTA et al., 2020). Dessa forma, o uso dessa metodologia é capaz de estruturar um problema e facilitar a busca de soluções através de ferramentas integradas a um sequenciamento de passos bem definidos, apresentando a capacidade de apoiar gestores de indústrias que necessitam agir rápido e de forma disciplinada, como é o caso da indústria de alimentos.

Ademais, o estudo em questão contribui para a literatura, envolvendo o setor alimentício, ao fornecer ao meio acadêmico e a empresas que atuam no mesmo setor, *insights* sobre alguns aspectos relacionados à implementação da metodologia em uma área tão importante para a economia brasileira e mundial e que enfrenta múltiplos desafios, além de apresentar características específicas que torna a implementação da metodologia bastante singular.

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Reduzir o tempo de linha de produção parada, em uma indústria do setor alimentício do Agreste Pernambucano, através do uso do DMAIC como metodologia orientadora.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- a) Verificar, demonstrar e discutir sobre a utilização da metodologia DMAIC como forma de reduzir falhas em sistemas produtivos, de forma genérica;
- b) Apresentar a importância do DMAIC em uma indústria de alimentos;
- c) Aplicar a metodologia proposta, visando identificar as principais causas das paradas de linha, pontos de melhoria no processo e aumentar a eficiência da linha;

## **1.3 Estrutura do Trabalho**

Além da introdução, em que conta com a justificativa e os objetivos do trabalho, o mesmo é dividido em mais quatro capítulos. O capítulo 2 fornece uma estrutura envolvendo conceitos e revisão da literatura dos principais temas aqui tratados, como: gestão da qualidade, seis sigma, metodologia DMAIC e ferramentas da qualidade. Por conseguinte, no capítulo 3, é demonstrada a metodologia utilizada através de uma sequência de passos associados a aplicação prática. No capítulo 4 é fornecido o estudo de caso e toda a discussão envolvendo os resultados obtidos. Por fim, no capítulo 5, são apresentadas as conclusões críticas acerca da aplicação, bem como as limitações e possíveis sugestões para trabalhos futuros.

## **2 REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1 Seis Sigma**

Segundo Rodrigues (2014), a metodologia Seis Sigma (do inglês, *Six Sigma*) tem sido o caminho escolhido pelas maiores empresas mundiais na busca do sucesso organizacional, traduzido como: maior rentabilidade e produtos de maior qualidade. O seu principal objetivo é aumentar o lucro de uma empresa a partir da redução da variabilidade, dos defeitos e dos desperdícios que prejudicam a fidelidade do cliente; além do aumento da qualidade (NANDAKUMAR et al., 2020). De acordo com Srinivasan et al. (2014), o Seis Sigma é considerado uma metodologia formal e altamente disciplinada com a finalidade de buscar a redução da variação de processos de forma a garantir a redução de custos, aumento da lucratividade da organização e a satisfação dos clientes. Breyfogle (2003) comenta que o foco da metodologia é voltado a melhoria contínua no que se refere a satisfação do consumidor e o aumento dos lucros, englobando a redução de defeitos, assim como a melhoria de processos nos negócios em geral.

Essa metodologia nasceu em meados de 1980, na Motorola, nos Estados Unidos. Porém, tem-se historicamente que a sua raiz original foi encontrada no livro *Quality is Free* escrito pelo autor e “guru” da qualidade Philip Crosby em 1979. Uma das contribuições, advindas do livro citado, foi o conceito de “zero defeito”, que é a filosofia adotada pelo Seis Sigma. Na época em questão, a Motorola sentia-se ameaçada pela concorrência acirrada da indústria eletrônica japonesa e optou por fazer uma profunda melhoria em seu nível de qualidade. A empresa iniciou um modo de abordagem gerencial para a melhoria de qualidade baseado em melhorá-la em dez vezes focando seus recursos no Seis Sigma, incluindo esforço humano na redução da variação dos processos. Então, oficialmente, foi lançado o programa Seis Sigma como um conjunto de ações de melhorias, pela Motorola em 1987 (HARRY e SCHROEDER, 2000).

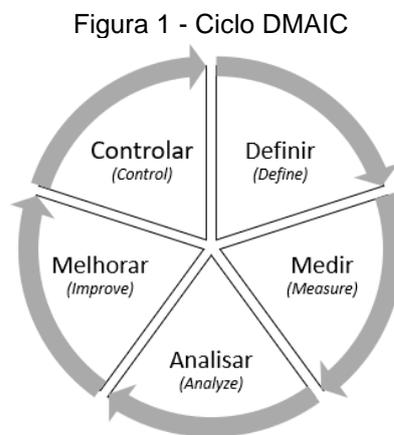
Para Eckes (2002) diferentemente de outras iniciativas da qualidade, essa metodologia busca identificar a essência do processo para guiar os objetivos estratégicos da organização. E, pode-se dizer que em organizações com fins lucrativos, os objetivos estratégicos são fundamentos, em sua maioria, em cima da lucratividade, satisfação do cliente, crescimento do negócio, excelência na gestão

organizacional e satisfação dos colaboradores. Vale salientar que o DMAIC é a abordagem padrão para a condução dos projetos seis sigma de melhoria de desempenho de produtos e processos, como abordado em Werkema (2014).

## 2.2 A Metodologia DMAIC

A metodologia DMAIC pode ser definida como um procedimento estruturado de melhoria que, originalmente, foi apresentado no conceito Seis Sigma e concebido para projetos relacionados à Gestão da Qualidade. Kwak e Anbari (2006) argumentam que o ciclo DMAIC é um processo de *loop* fechado capaz de eliminar etapas improdutivas e sendo focado, frequentemente, em novas medições e na aplicação de tecnologia para a melhoria contínua.

Cada uma das letras, na nomenclatura DMAIC, representa uma etapa do processo de evolução de um projeto qualquer em questão. De forma sequencial, tem-se: D (*Define*), M (*Measure*), A (*Analyze*), I (*Improve*) e C (*Control*). Na figura 1 pode ser visto o ciclo que representa a metodologia.



Fonte: O autor (2020)

De acordo com Werkerma (2013), uma breve definição de cada uma das cinco etapas pode ser a seguinte: Definir – Definir com precisão o escopo do projeto, Medir – Determinar a localização ou o foco do problema, Analisar – Determinar as causas de cada problema prioritário, Melhorar – Propor, avaliar e implementar soluções para cada problema prioritário e Controlar – Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo. Essa sequência de passos bem definidos e a possibilidade da integração de diversas ferramentas, fornece uma capacidade empresarial de atingir resultados significativos e estratégicos, em projetos, de maneira sistemática. Para Smetkowska e Mrugalska (2018), a aplicação dessa metodologia pode aumentar a

eficácia de processos de produção enquanto reage de forma adequada ao aparecimento de problemas.

São encontrados na literatura diversos trabalhos utilizando a metodologia DMAIC como orientação para a melhoria de processos, produtos e serviços. Saleeshya e Harikumar (2020) utilizaram a metodologia para apoiar a identificação de gargalos e melhoria de processos numa indústria de alimentos no sul da Índia, com foco principal nos processos de produção e embalagem. Cunha e Dominguez (2015) fizeram o uso da metodologia para melhorar as opções de faturamento de garantia em um estudo de caso voltado para um revendedor de automóveis portugueses. Srinivasan et al. (2014) implementaram as fases do DMAIC para melhorar a eficácia do trocador de calor de casco e tubo em uma empresa de fabricação de forno de pequeno porte. Srinivasan et. al (2014), em um outro estudo, utilizaram a metodologia para orientar a redução de defeitos de uma linha de pintura por spray em amortecedores. Como os autores Mast e Lokkerbol (2012) abordam, o DMAIC é usado num grande número de fontes e um dos seus pontos fortes, além do papel importante de estruturação de problemas, diz respeito as poderosas técnicas estatísticas para descoberta de fatos e verificação empírica de ideias.

### 2.2.1 Etapa D (Define) – Definir

A fase “definir” está diretamente relacionada a ação de garantir que o problema/processo considerado esteja vinculado às prioridades da organização e que, além disso, tenha suporte de gestão. A partir da identificação de um problema que requer solução, ainda nessa fase, é compreendido de forma clara todo o escopo do problema e levantado evidências de apoio da gestão para, assim, o projeto ser autorizado a avançar levando em consideração um comprometimento de recursos (SHANKAR, 2009). Basicamente, nessa primeira fase, são definidas as fronteiras que a equipe vai trabalhar e aplicar o modelo de melhoria, de forma clara. Essas ações incluem atitudes de alinhamento do projeto com a estratégia da organização, construindo então um *business case* estratégico. Neste ponto, deve ser criado um documento, que é um acordo entre a equipe de solução de problemas e a gestão.

De acordo com Shankar (2009), é importante a consideração de alguns critérios para seleção dos membros da equipe para o projeto de melhoria, sendo esses: selecionar especialistas no assunto do processo onde o problema foi identificado, incluir uma pessoa de outro departamento que não conheça “muito bem” o processo,

os membros da equipe devem apresentar diferentes níveis na organização, deve-se tentar limitar o número de membros da equipe a menos de oito pessoas e o líder da equipe pode ser nomeado pela administração, ser o proprietário do processo ou alguém com conhecimento prático das ferramentas e técnicas.

### 2.2.2 Etapa M (*Measure*) – Medir

A fase “medir” tem como objetivo a coleta de informações de linha de base sobre o processo considerado. Essas informações são usadas com o intuito de entender o que exatamente está acontecendo no processo, quais as expectativas e onde estão os problemas. Nessa fase, é importante quantificar o problema, a fim de que na fase de controle se possa perceber a melhoria obtida de forma quantitativa (SHANKAR, 2009).

De acordo com Carroll (2016), nessa fase é preciso selecionar uma ou mais características do produto ou processo em questão, mapear o respectivo processo, estabelecer limites de desempenho aceitáveis, validar o sistema de medição e, em seguida, registrar as medições. Para essa etapa, algumas ferramentas da qualidade podem ser usadas, como: capacidade, diagrama de Pareto e teste de normalidade. O uso correto das ferramentas auxilia na criação de planos de ação para o processo (WERKEMA, 2013).

### 2.2.3 Etapa A (*Analyze*) – Analisar

O objetivo da fase “analisar” é auxiliar na melhor compreensão das relações de causa e efeito no processo. De acordo com Carvalho e Paladini (2016), é nessa etapa em que são identificadas as principais causas para que em seguida sejam analisadas. Werkema (2013) complementa, informando que essa etapa é totalmente voltada ao conhecimento do problema exposto, com o objetivo de descobrir quais são as causas fundamentais e as quantidades de ocorrências apresentadas. Além disso, a autora cita o uso de algumas ferramentas, como o *brainstorming* e o diagrama de causa e efeito que juntos geram dados que serão utilizados para criação do plano de ação da etapa de melhoria.

Para Aguiar (2006) as causas potenciais do problema prioritário devem ser priorizadas, pois o tratamento de um número menor de causas é significativamente mais simples e pode levar ao alcance de todas as metas específicas.

#### 2.2.4 Etapa I (*Improve*) – Melhorar

O objetivo da fase “melhorar” diz respeito a geração de ideias, desenho de programas de melhorias e implementação de projetos pilotos de ajustes. De acordo com Carroll (2016), nessa etapa, é preciso desenvolver uma estratégia de melhoria para fornecer uma estrutura capaz de prover uma solução de forma sistemática e eficiente. O autor sugere que a estratégia dependerá da natureza do projeto de melhoria, do nível atual de conhecimento do executor do projeto, da disponibilidade e características dos dados, do custo projetado e da disponibilidade de pessoas e recursos necessários para executar as melhorias propostas.

Segundo Werkema (2013), inicialmente é importante realizar um *brainstorming* para geração de ideias de possíveis soluções potenciais com a finalidade de atingir as causas consideradas fundamentais dos problemas identificados anteriormente. Finalmente, é importante que seja elaborado e colocado em prática um plano para execução das ações envolvendo as soluções levantadas e estudadas, além de analisar se o alcance da meta é possível.

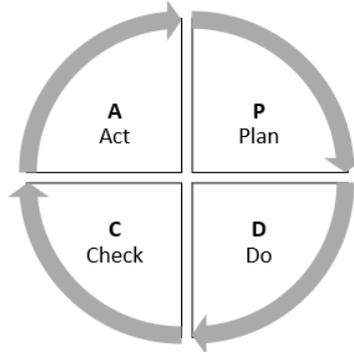
#### 2.2.5 Etapa C (*Control*) – Controlar

A fase “controlar” é a última fase da metodologia de melhoria de processos DMAIC. Segundo Carpinetti (2012) a importância dessa fase é representada por garantir a continuidade das melhorias que foram obtidas. Isso garante que elas não sejam esquecidas/perdidas. Werkema (2012) comenta que as principais etapas dessa fase são sustentadas na avaliação de alcance da meta ou não. Caso a meta tenha sido alcançada, é necessário padronizar as alterações realizadas, transmitir os novos padrões a todos os envolvidos, definir e implementar um plano para monitoramento da performance do processo e sumarizar o que foi aprendido, além de fazer recomendações para novos trabalhos.

### 2.3 A relação entre o DMAIC e o ciclo PDCA

O Ciclo PDCA trata-se de um clássico método de gestão que é dividido em etapas que apresentam um caminho a seguir para que metas, previamente estabelecidas, sejam devidamente alcançadas (WERKEMA, 2004). O Ciclo pode ser visto na figura 2 e suas etapas são as seguintes: (P) – Planejamento, D – (Execução), C – (Verificação) e A – (Ação).

Figura 2 - Ciclo PDCA

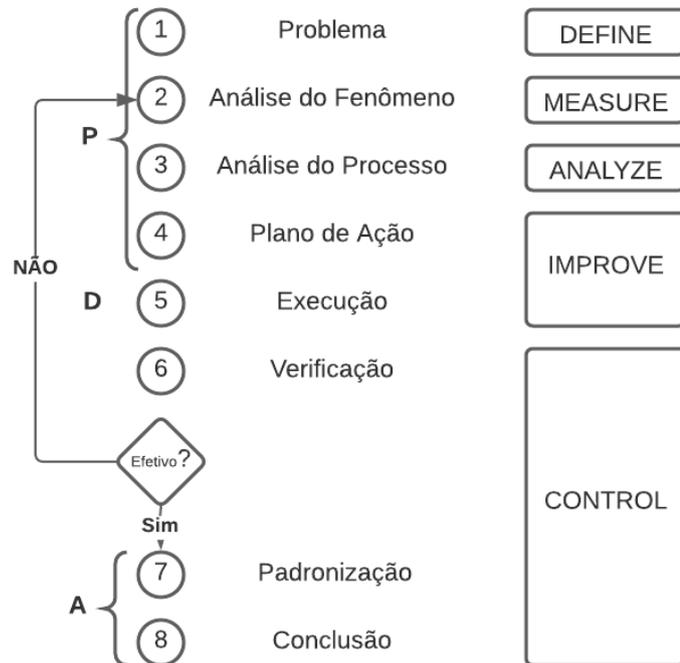


Fonte: Adaptado de Werkerma (2013)

O Ciclo inicia-se na fase P, *plan*, que consiste numa etapa de identificação do problema, reconhecimento das características desse problema, análise do processo ou descoberta das causas principais que impedem o atingimento das metas e o estabelecimento de um plano de ação voltado para as causas principais. A fase D, *do*, trata-se de uma fase de atuação de acordo com o plano de ação desenvolvimento para bloquear as causas fundamentais. Na fase C, *check*, é feita a verificação com o intuito de confirmar a efetividade do plano de ação. Por fim, na fase A, *act*, existem duas etapas: a de padronização e a de conclusão. Na etapa de padronização, se o bloqueio tiver sido efetivo, é realizada a eliminação definitiva das causas de forma com que o problema não reapareça. Já na etapa de conclusão, ocorre a revisão das atividades e planejamento para próximos trabalhos. Vale salientar que, caso o bloqueio não tenha sido efetivo ao se avaliar na fase C, deve-se voltar para a etapa P e reiniciar o ciclo (CAMPOS, 1992).

Como comenta Werkema (2013), existe uma grande correspondência entre o DMAIC e o Ciclo PDCA que pode ser observada na figura 3. Claramente a maior ênfase é dada a etapa de planejamento do ciclo, já que a identificação do problema, reconhecimento das características do problema, descoberta das causas principais e desenvolvimento de contramedidas às causas principais, correspondem as etapas de definir, medir, analisar e melhorar da metodologia DMAIC, na sequência. Já, no Ciclo PDCA, todas essas etapas resumem-se ao planejamento.

Figura 3 - Correspondência entre o DMAIC e o PDCA



Fonte: Adaptado de Werkema (2013)

O DMAIC aborda o planejamento de forma mais enfática, imprimindo-lhe algumas vantagens em relação não só ao PDCA como a outros métodos normalmente aplicados para a análise de solução de problemas. Pelo fato de estar estreitamente ligado ao surgimento do Seis Sigma, o DMAIC, é considerado tão novo quanto ele e as possibilidades de sua utilização como elemento motivador de sucesso são relativamente grandes, além de que a metodologia possui uma acentuada ênfase na observação das características críticas para o cliente na medição dessas características (FRANZ E CATEN, 2003).

## 2.4 Uso da metodologia DMAIC no setor de alimentos

A indústria de alimentos é um importante setor da economia brasileira que necessita de uma atenção por enfrentar muitos desafios relacionados a necessidade de oferecer uma ampla gama de produtos, com prazos curtos de entrega e baixo custo. De acordo com Costa et al. (2018), iniciativas de melhoria contínua podem ajudar essa indústria a gerenciar seus desafios. Os autores afirmam que a tendência ao uso de técnicas, metodologias e ferramentas de melhoria contínua, incluindo o DMAIC, na indústria de alimentos tem crescido e que seu uso é bastante encontrado visando reduzir custos e aumento da produtividade.

Hakimi, Zahraee e Rohani (2018), por exemplo, realizaram uma aplicação da metodologia DMAIC no processo de produção de iogurte natural com o objetivo de melhoria da qualidade do processo ajustando fatores que afetam a acidez do iogurte e determinando os níveis ideais desses fatores. Esses autores argumentam que o uso dessa abordagem contribui no sentido de proporcionar, aos gerentes de empresas, a capacidade de resolver problemas complicados em que as causas não são particularmente claras, de forma sistemática. Já Souza et al. (2017), realizaram a aplicação do DMAIC integrada a análise de falhas de embalagens metálicas na indústria de conservas, demonstrando a capacidade da integração de outras ferramentas a metodologia proposta, como foi o caso da Análise de Modos de Falhas e seus Efeitos – FMEA, a fim de solucionar problemas.

De acordo com Chakraborty, Biswas e Ahmed (2013), a abordagem lean seis sigma e a interação DMAIC podem ser aplicadas facilmente em qualquer tipo de área de negócios, como serviços, produção, marketing, vendas, aquisições e etc. Porém, Hung e Sung (2011) comentam que essa implantação não é tão simples. Os autores realizaram uma aplicação da metodologia, aqui em questão, numa determinada indústria de alimentos em Taiwan e perceberam que houve muita dificuldade, principalmente, devido ao nível educacional de seus trabalhadores está abaixo do ensino médio e, portanto, muitos deles não sabem como realizar atividades de melhoria da qualidade e não estão familiarizados com ferramentas de análises estatísticas. Mas que, apesar desses obstáculos, a aplicação sistemática de melhorias trouxe resultados significativos.

## **2.5 Principais ferramentas atreladas ao DMAIC**

De acordo com Rotondaro (2011), muitos métodos de melhorias já foram aplicados, desde que o movimento pela qualidade teve início; cada um deles com um procedimento definido e utilizando-se de ferramentas clássicas da qualidade. Nessa mesma lógica, o uso da metodologia DMAIC necessita da integração de diferentes ferramentas que variam a depender do tipo de processo, produto ou serviço a ser atendido. A seguir, são apresentadas as principais ferramentas que foram utilizadas no estudo de caso.

### 2.5.1 Brainstorming

O Brainstorming tem como objetivo auxiliar grupos de pessoas a produzirem ideias em um espaço de tempo, considerado curto. Trata-se de uma ferramenta muito utilizada para obter soluções para problemas, realizando levantamento de ideias de uma forma democrática e com exposição de sugestões. (CARPINETTI, 2012; TOLEDO et al., 2014).

Toledo et al. (2014) comentam que essa ferramenta visa estimular a criatividade de modo espontâneo, deixando os participantes livre de críticas. Selene (2012) complementa, informando que o brainstorming pode ser usado por um indivíduo ou um grupo e que, em ambos os casos, serve para explorar a potencialidade da criatividade, colocando-a a serviços de objetivos pré-determinados.

### 2.5.2 Carta do Projeto (*Project Chart*)

A Carta do Projeto, do inglês *Project Chart*, ou também conhecido como Termo de Abertura do Projeto, inclui a justificativa do projeto, as principais entregas e os objetivos do projeto. Esse documento é usado para facilitar a comunicação com as partes interessadas e permitir o gerenciamento do escopo do projeto, conforme avança (PYZDEK, 2003).

De acordo com o PMI (2013), o principal benefício do desenvolvimento de um Termo de Abertura do Projeto é o início de um projeto com limites bem definidos, a criação de um registro formal e uma maneira direta da direção executiva aceitar e se comprometer com o projeto.

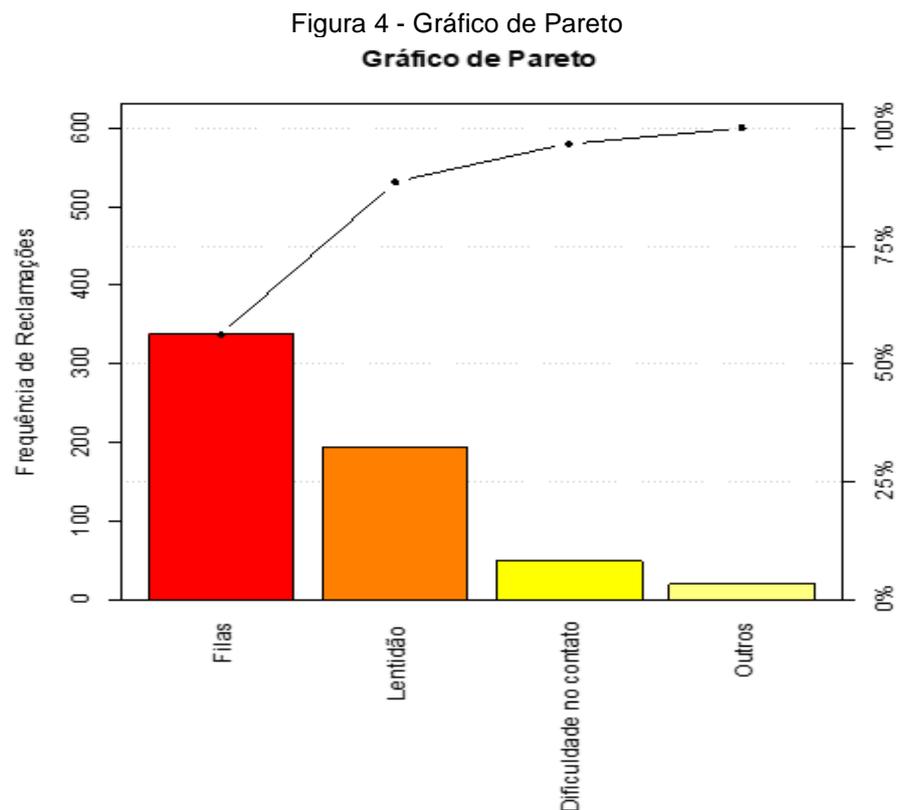
### 2.5.3 Gráfico de Pareto

Em meados de 1987, Pareto desenvolveu um estudo sobre a divisão de renda de seu país e, por meio desse estudo, percebeu que a distribuição de riqueza não se dava de maneira equitativa. Ele percebeu que, na verdade, 80% de toda a riqueza nacional estava concentrada nas mãos de uma pequena parcela da população, de apenas 20%. Essa distribuição foi expressa em um gráfico que levou o seu nome e mais tarde transformou-se numa das mais conhecidas ferramentas da qualidade, onde o autor Juran pode ser citado por ter sido o primeiro a usar essa ferramenta para justificar a análise sobre as causas dos problemas.

Os gráficos de Pareto, por similaridade ao original, podem ser utilizados para diversas aplicações, como por exemplo para classificar causas que atuam em um

processo com maior ou menor intensidade. Dessa forma, por analogia, pode-se mostrar que os principais defeitos em uma determinada operação, de um processo produtivo, pode ser derivados de um pequeno número de causas (CARVALHO e CARPINETI, 2016).

Como exemplo de um Gráfico de Pareto, temos o estudo de Mello (2011) em que foram analisadas reclamações de 120 clientes por dia a respeito de um determinado atendimento bancário, durante uma semana de trabalho. Tendo, portanto, uma amostra final de 600 clientes. A figura 4 mostra o Gráfico de Pareto desenhado a partir dos dados compilados e parece claro que é mais urgente resolver as demandas representadas pelas duas barras maiores. Observando o gráfico, pode-se concluir que as reclamações relacionadas as filas e a lentidão representam aproximadamente 80% de todas as reclamações, fazendo referência total ao conceito descrito por Pareto.



Fonte: Adaptado de Mello (2011)

### 2.5.4 Matriz G.U.T

A Matriz G.U.T é uma ferramenta de apoio para soluções de problemas, estabelecimento de estratégias, desenvolvimento de projetos, tomada de decisões. E, sua sigla G.U.T significa Gravidade, Urgência e Tendência, respectivamente (PESTANA et al., 2016). A definição de cada um desses critérios pode ser vista na tabela 1, abaixo.

Tabela 1 – Conceito dos critérios (Matriz GUT)

<b>G</b> Gravidade	Impacto do problema sobre as coisas, pessoas, resultados, processos ou organizações e efeitos que surgirão em longo prazo, caso o problema não seja resolvido
<b>U</b> Urgência	Relação com o tempo disponível ou necessário para resolver o problema
<b>T</b> Tendência	Potencial de crescimento do problema, avaliação da tendência de crescimento, redução ou desaparecimento do problema

Fonte: Adaptado de Daychaum (2007)

Cada um dos problemas avaliados deve ser associado a cada um desses critérios citados na tabela 1 e devem ser atribuídas pontuações para que seja possível realizar a priorização. Na tabela 2 podem ser vistas pontuações padrão.

Tabela 2 - Pontuação (Matriz GUT)

Pontuação	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente grave	Imediata	Piorar rapidamente
4	Muito grave	Com alguma urgência	Piorar em pouco tempo
3	Grave	O mais cedo possível	Piorar a médio prazo
2	Pouco grave	Pode esperar um pouco	Piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Não tem pressa	Não vai piorar

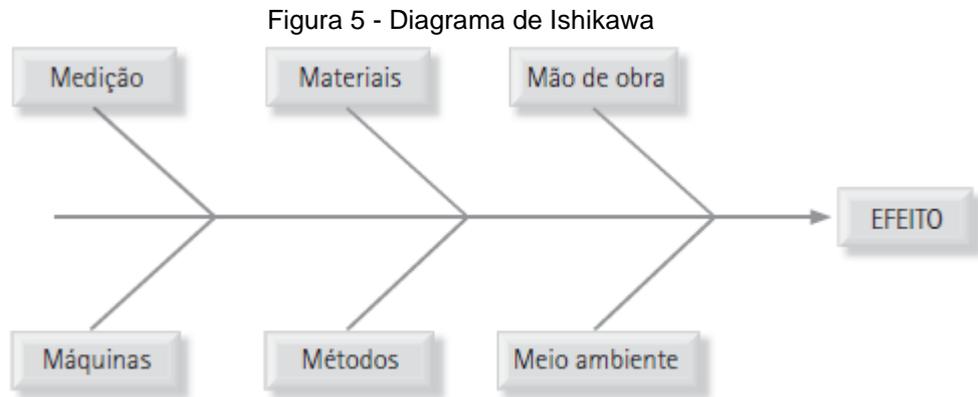
Fonte: Adaptado de Klassman et al. (2011)

De acordo com Fáveri e Silva (2016), essa ferramenta auxilia o gestor através de um escalonamento, identificando quais problemas podem ser solucionados primeiro, com o diferencial de uma certa simplicidade de aplicação, atribuindo valores para cada situação de maneira objetiva.

### 2.5.5 Diagrama de Ishikawa

O Diagrama de Ishikawa (figura 5) pode ser, também, chamado de digrama de causa e efeito ou espinha de peixe e é usado para identificar as causas de um desvio da qualidade, denominado efeito. Vale salientar que essa identificação de causas também pode ser aplicada a algo positivo, como por exemplo, tratar o efeito como algo a ser conquistado. E, normalmente em ambos os casos, para construir o diagrama são usados os 6Ms, que são: mão de obra (pessoas), materiais

(componentes), máquinas (equipamentos), métodos, meio ambiente e medição (MELLO, 2011).



Fonte: Adaptado de Mello (2011)

### **3 METODOLOGIA**

O trabalho em questão é caracterizado como estudo de caso pelo fato de investigar um determinado fenômeno dentro de um contexto real. Yin (2001) diz que a principal tendência em todos os estudos de caso é que estes tentam esclarecer o motivo pelo qual uma decisão ou um conjunto de decisões foram tomadas, como foram implementadas e quais os resultados que foram alcançados. Gil (2002) complementa informando que um estudo de caso é caracterizado como uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto de vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos.

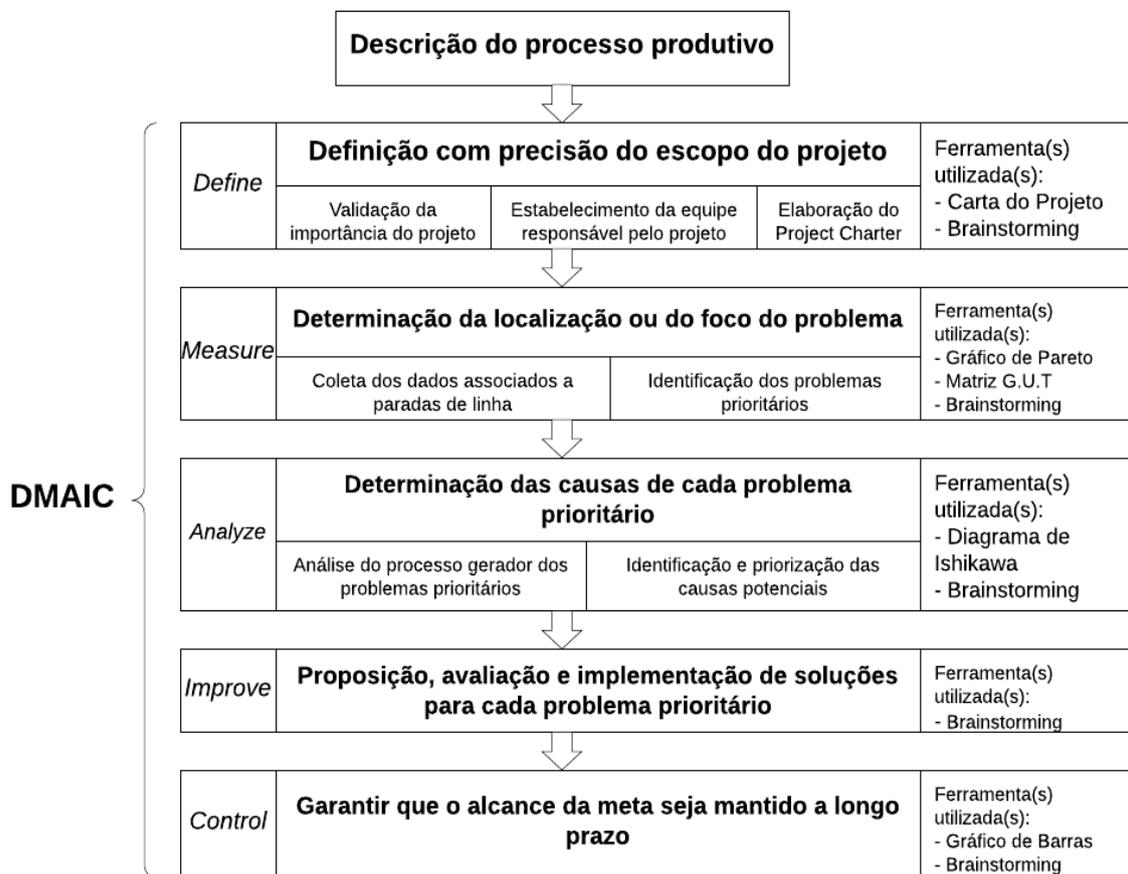
A pesquisa é considerada como “quali-quantitativa” pois engloba tanto aspectos qualitativos quanto quantitativos. Sendo uma pesquisa quantitativa aquela que tem suas raízes no pensamento positivista lógico e tende a enfatizar o raciocínio dedutivo, os atributos mensuráveis da experiência humana e as regras da lógica. Já uma pesquisa qualitativa diz respeito a um universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes; o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos a operacionalização das variáveis (FONSECA, 2002; MINAYO e MINAYO-GOMÉZ, 2001). Além disso, a pesquisa é tida como aplicada, pois, objetiva a geração de conhecimentos envolvendo aplicações práticas dirigidos a soluções de problemas específicos.

O instrumento de coleta de dados consistiu em relatórios gerenciais, acesso ao sistema de informação da empresa e registro de dados e informações apontados pela Gestão de Processos Operacionais - GPO. A fim de fundamentar o estudo em questão, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em periódicos nacionais e internacionais, além de livros e artigos em geral.

A aplicação do estudo foi estruturada considerando a sequência de passos pré-definida pela própria metodologia DMAIC e com o intuito de demonstrar de forma clara tais passos, realizados no estudo, segue abaixo um fluxograma disposto na figura 6. Após a descrição do processo produtivo, com o intuito de situar o leitor na problemática, foi definido, de forma precisa, o escopo do projeto em questão. Essa definição se deu com a validação da importância do projeto, estabelecimento da equipe responsável e elaboração do *Project Chart*. Por conseguinte, foi determinada

a localização/foco do problema através da coleta dos dados associados a linha de produção de biscoitos laminados e foram identificados os problemas prioritários. Após isso, na etapa de análise, foram determinadas as causas de cada problema prioritário junto com a equipe e houve uma priorização das causas potenciais, além de uma análise a respeito do processo gerador de tais causas. Por fim, não menos importante, foram definidas propostas de soluções e melhoria, além de ter sido definido meios de garantir o mantimento das melhorias propostas a longo prazo. A metodologia é, de fato, finalizada com um momento de avaliação os resultados e discussões a respeito de todo o estudo.

Figura 6 - Fluxograma de etapas da metodologia



Fonte: O autor (2020)

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Estudo de Caso**

#### **4.1.1 Caracterização da empresa**

A empresa em questão trata-se de uma indústria do setor alimentício, localizada no agreste de Pernambuco, considerada de grande porte já que o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) classifica nessa categoria aquelas indústrias com mais de 500 colaboradores. É produtora de uma vasta linha de produtos, sendo eles segregados em: biscoitos, massas, cafés, mistura para bolo e salgadinhos.

As diretrizes estratégicas da empresa são definidas pela identidade organizacional composta por sua missão, visão e valores, descritos abaixo.

- Missão: Oferecer alimentos aos consumidores com segurança e sustentabilidade;
- Visão: Expandir a participação no mercado, tornando-se reconhecida como marca de qualidade;
- Valores: São sustentados por cinco pilares, sendo eles: a sustentabilidade, as pessoas, a responsabilidade, a ética e o compromisso.

Dentre as linhas de produção, o estudo concentra-se na de biscoitos laminados devido à alta taxa de indisponibilidade, conseqüente das paradas de linha.

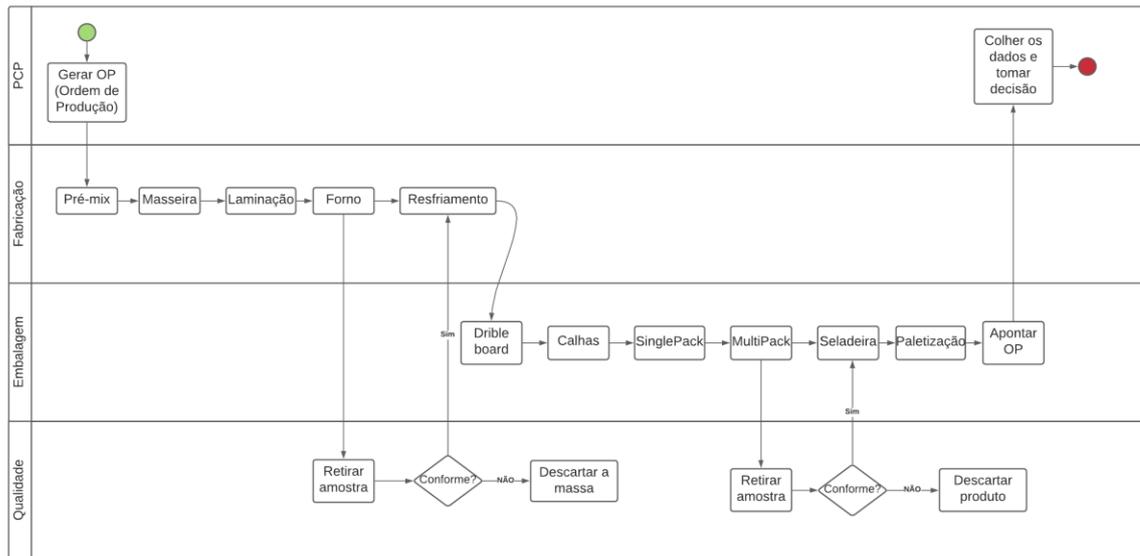
#### **4.1.2 Descrição do processo produtivo**

O processo de produção de biscoitos, tipo laminado, inicia-se com o pré-mix onde é realizada a pesagem dos micros ingredientes, previamente selecionadas. Em seguida, os materiais são transferidos para a masseira que tem como finalidade homogeneizar a mistura de todos os ingredientes, incluindo os micros e macros (que são dosados diretamente pelo sistema). Com toda a matéria-prima devidamente homogeneizada, inicia-se a etapa de laminação; essa etapa é responsável por modelar a massa através de rolos redutores até atingir a espessura adequada, para então ser estampada e receber o devido corte. Vale salientar que a alimentação contínua de massa, a velocidade da esteira e a velocidade dos rolos laminadores devem ser cuidadosamente controlados.

Logo após a etapa de laminação, é executado o processo de forneamento que, basicamente, é dividido em cinco zonas: a primeira e segunda zonas tem por objetivo a expansão do biscoito, a terceira zona visa a máxima retirada de água e as duas últimas zonas estão atreladas a formação da cor. Durante essa etapa são retiradas amostras, pelo setor de qualidade, a fim de verificar a conformidade em relação a alguns parâmetros, como por exemplo, a umidade. E, caso a massa não esteja conforme, ela deverá ser descartada. Após o processo de forneamento, é realizada a etapa de resfriamento que se trata de uma etapa em que o biscoito entra em contato com o ambiente e resfria de forma natural. Logo em seguida, os biscoitos entram na seção de embalagem, primeiramente na etapa do *Drible board*, responsável por separar os biscoitos em fileiras nas respectivas calhas de direcionamento. Essas calhas vibratórias movimentam os biscoitos para a primeira embalagem, a *SinglePack*. Após realizar as embalagens individuais, são realizadas as embalagens secundárias, através da *Multipack*. Nesse momento são coletadas amostras, pelo setor de Qualidade, a fim de verificar se o produto está conforme. O processo é finalizado com a seladeira que completa o processo de embalagem e a devida paletização.

Por fim, numa certa periodicidade, é feito o apontamento de tudo que foi produzido a fim de fornecer dados e informações para o setor de PCP, responsável por tomar decisões atreladas a programação e controle da produção. O fluxograma, disposto na figura 7, retrata todo o processo produtivo do biscoito laminado, levando em consideração a participação dos setores de PCP e Qualidade fazendo referência ao controle da produção e a avaliação da conformidade dos produtos, respectivamente.

Figura 7 - Fluxograma do processo produtivo

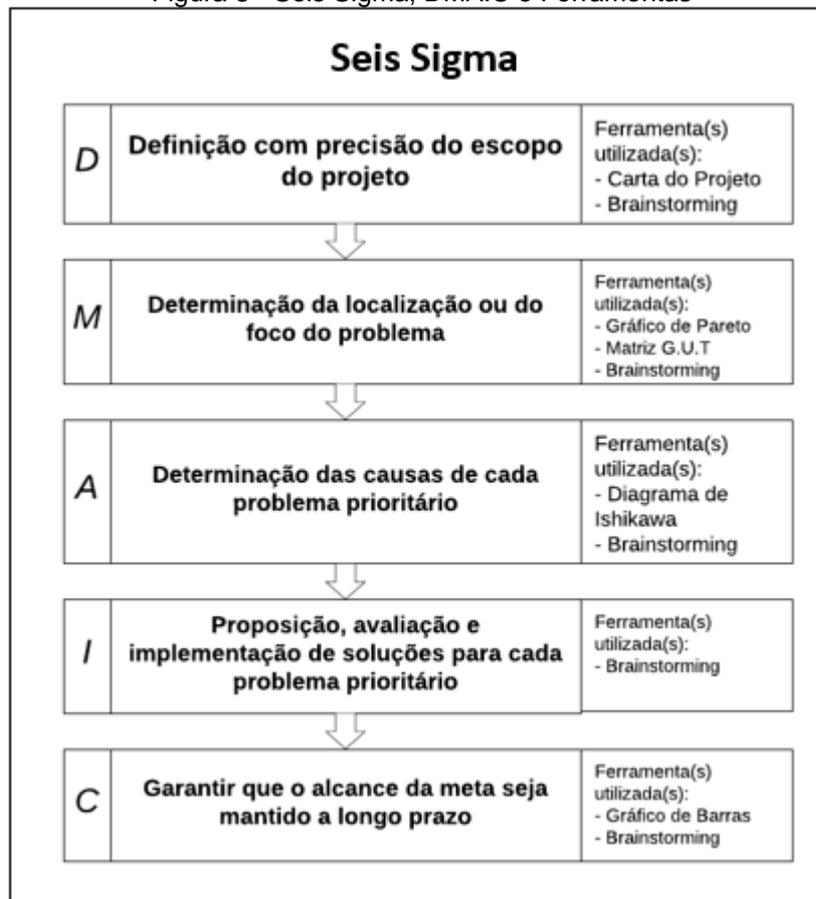


Fonte: O autor (2020)

## 4.2 Aplicação do DMAIC

O DMAIC, aqui apresentado, contempla as seguintes ferramentas: *brainstorming*, carta do projeto, gráfico de Pareto, matriz G.U.T., diagrama de Ishikawa e gráfico de barras. Na figura 8 estão relacionadas as ferramentas com as etapas do DMAIC em que tais ferramentas foram utilizadas, além de demonstrar que a técnica faz parte da ampla metodologia Seis Sigma, sendo considerada, dentro do Seis Sigma, um elemento e uma abordagem padrão utilizada para implantação de melhorias pontuais. É importante deixar claro que na empresa, em questão, não há uma equipe formalizada de Seis Sigma e que o uso das ferramentas de forma integrada ao DMAIC foi utilizado estrategicamente para inserir a empresa no contexto da metodologia e prepara-la para um futuro uso da metodologia Seis Sigma por completo, que exige uma complexidade maior.

Figura 8 - Seis Sigma, DMAIC e Ferramentas



Fonte: O autor (2020)

#### 4.2.1 Definir

A etapa de definição foi crucial para que o projeto caminhasse corretamente. Primeiramente, foi definida uma equipe de trabalho multidisciplinar composta por seis integrantes, sendo um *champion*, um líder, três membros e um suporte. A equipe formada foi definida de forma estratégica a fim de reunir pessoas com pontos de vista diferentes, envolvendo diferentes setores.

O projeto foi realizado na linha de fabricação de biscoitos laminados, mais precisamente no que se refere ao setor de embalagem, contemplando desde a etapa de *Drible board* até a Seladora de caixas por ser um setor considerado mais crítico, já que com base nos dados de apontamento de produção, fornecidos pela equipe de Gestão de Processos Operacionais, apenas no mês de janeiro do ano de 2020, foram quantificadas 115 horas e 49 minutos de paradas de linha, representando 33% de indisponibilidade. E, teve como objetivo o aumento da disponibilidade das máquinas na linha em questão, identificação das principais causas das paradas de máquinas e

aumento da eficiência de produção. Com o intuito de resumir o escopo do projeto foi elaborado um Project Charter, que pode ser visto na tabela 2, onde foram descritos o problema associado, a meta e a restrição associadas, os membros que fazem parte da equipe e os benefícios esperados.

Tabela 3 – Project Charter

<b>Carta do Projeto (Project Charter)</b>
<p><b>Descrição do problema</b></p> <p>Na linha de produção de biscoitos laminados, as paradas de produção advindas da seção de embalagem foram declaradas como um problema crítico na rotina dos trabalhos, inviabilizando o cumprimento do planejamento da produção e, conseqüentemente, comprometendo o atendimento da demanda.</p>
<p><b>Meta</b></p> <p>Diminuir a indisponibilidade da linha de produção para, no mínimo, 16,5%, significando uma diminuição de 50% do total das horas paradas num período de 05 meses (janeiro/2020 à maio/2020)</p>
<p><b>Restrição do projeto</b></p> <p>Apenas a seção de embalagem será contemplada</p>
<p><b>Membros da equipe</b></p> <p>01 <i>champion</i>, 01 líder, 03 membros, 01 suporte</p>
<p><b>Benefícios esperados</b></p> <p>Diminuição de paradas de linha, com conseqüente aumento de produtividade e redução de perdas associadas</p>

Fonte: O autor (2020)

#### 4.2.2 Medir

Nesta fase, primeiramente, foi realizado um *brainstorming* com o intuito de definir um cenário ideal a respeito do desenvolvimento do projeto. Logo, no geral, ficou estabelecido como cenário ideal a obtenção de uma identificação das principais causas das paradas de máquinas, uma maior redução de perdas de embalagem, a obtenção de uma maior quantidade de produto acabado e o melhor desempenho dos três principais fatores: embalagem, operação e máquina.

Para levantamento dos principais problemas ou motivos relacionados as paradas de linha, em questão, foi realizado outro *brainstorming* e com isso foram levantados 31 problemas/motivos, ao todo. Dessa quantidade, ficou pré definido que 13 desses problemas poderiam ser considerados como representativos. Essa pré definição foi decidida em grupo devido a sobreposição de alguns problemas e redundância envolvida. Tais problemas/motivos podem ser vistos na tabela 4.

Tabela 4 - Principais problemas/motivos das paradas de linha

<b>Principais Problemas</b>
- Setup
- Manutenção mecânica de embalagem corretiva
- Administrativa
- Material não conforme
- Manutenção mecânica corretiva
- Parada operacional
- Utilidades externas
- Manutenção elétrica
- Organização do setor
- Início da produção
- Manutenção mecânica retomada de produção
- Manutenção elétrica retomada de produção
- Manutenção mecânica de embalagem retomada de produção

Fonte: O autor (2020)

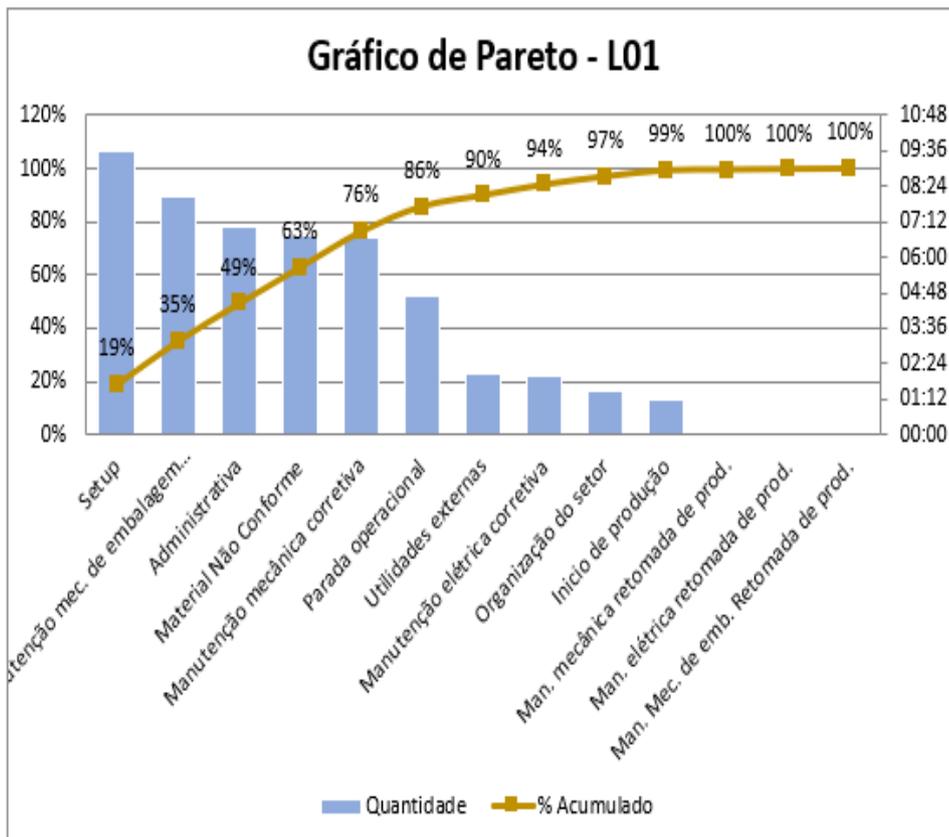
Estabelecidos os principais problemas, foram realizadas medições no que se refere a quantidade de horas de linha de produção parada, numa faixa de tempo de aproximadamente 01 mês, considerando o planejamento da produção, associadas a cada um desses problemas dispostos acima. Na tabela 5 pode ser visto a quantidade de horas de parada de linha associadas a cada um dos motivos, além do percentual representativo e o percentual acumulado, visto que os dados foram utilizados como *inputs* para a obtenção do Gráfico de Pareto, visto na figura 9, a fim de realizar uma priorização dos problemas.

Tabela 5 - Horas paradas X problema/motivo

Problema/motivo	Parada de linha (h)	%	% Acumulado
Setup	09:35	19%	19%
Manutenção mec. de embalagem corretiva	08:05	16%	35%
Administrativa	07:00	14%	49%
Material não conforme	06:45	14%	63%
Manutenção mec. corretiva	06:40	13%	76%
Parada operacional	04:42	9%	86%
Utilidades externas	02:05	4%	90%
Manutenção elétrica	02:00	4%	94%
Organização do setor	01:30	3%	97%
Início de produção	01:10	2%	99%
Manutenção mec. Retomada de produção	00:07	0%	100%
Man. elétrica retomada de produção	00:07	0%	100%
Man. mecânica de embalagem retomada de produção	00:05	0%	100%
Total	49:51:00	100%	-

Fonte: O autor (2020)

Figura 9 - Gráfico de Pareto (linha de laminados)



Fonte: O autor (2020)

A partir do Gráfico de Pareto realizado é possível perceber que os cinco primeiros motivos/problemas associados a parada da linha em questão, representam 76% de toda a quantidade de hora cronometrada dessas paradas. Ou seja, baseado no conceito 80/20, tais problemas/motivos devem ser priorizados, sendo eles: setup, manutenção mecânica de embalagem corretiva, administrativa, material não conforme e manutenção mecânica corretiva.

Segundo Barbosa et al. (2015), a maior utilidade do princípio de Pareto é a de permitir uma fácil visualização e identificação das causas ou problemas mais importantes, possibilitando a concentração de esforços sobre os mesmos.

A fim de garantir, ainda mais, essa priorização dos problemas levantados, foi desenvolvida uma matriz G.U.T (disposta na tabela 6). E, pode ser percebido que diante do avaliado em equipe, a priorização foi a mesma que o Gráfico de Pareto sugeriu levando em consideração a quantidade de horas paradas. Os cinco primeiros foram ranqueados da mesma forma que o Gráfico de Pareto, seguindo a ordem: setup, manutenção mecânica de embalagem corretiva, administrativa, material não conforme e manutenção mecânica corretiva.

Tabela 6 - Matriz GUT (estudo de caso)

<b>Problema/motivo</b>	<b>G</b>	<b>U</b>	<b>T</b>	<b>GUT</b>
Setup	5	4	5	100
Manutenção mec. de embalagem corretiva	5	4	5	100
Administrativa	5	4	5	100
Material não conforme	4	4	5	80
Manutenção mec. corretiva	4	4	5	80
Parada operacional	4	4	4	64
Utilidades externas	4	4	3	48
Manutenção elétrica	4	3	4	48
Organização do setor	3	4	4	48
Início de produção	3	3	5	45
Manutenção mec. retomada de produção	4	3	3	36
Man. elétrica retomada de produção	4	4	2	32
Man. mecânica de embalagem retomada de produção	3	3	3	27

Fonte: O autor (2020)

#### 4.2.3 Analisar

Nessa etapa, a partir do levantamento feito anteriormente, foram definidas causas de uma forma geral (tabela 7), associadas aos principais problemas já, anteriormente, definidos e analisadas de forma a investigar o que precisaria ser realizado para atingir determinadas melhorias. Essa investigação foi realizada com o apoio do Diagrama de Ishikawa de forma adaptada, já que a ferramenta foi usada para o levantamento de causas para se atingir a um efeito positivo. Nas figuras 10 e 11, podem ser vistos os diagramas para os efeitos de um filme com bom rendimento (advindo de uma melhor seleção de fornecedores) e de um mordente sincronizado, respectivamente.

Tabela 7 - Lista de causas principais

<b>Causas Principais</b>
- Rendimento dos filmes de plástico (seleção de fornecedores)
- Sincronização do mordente
- Correia lateral na SinglePack
- Referenciamento do mordente da SinglePack
- Lona de saída do estampo e entrada do forno
- Falta de treinamento dos operadores

Fonte: O autor (2020)

Uma melhor seleção de fornecedores, segundo Lima Junior, Osiro e Carpinetti (2013), se configura como uma das atividades mais críticas para a gestão de cadeia de suprimentos, afetando o desempenho das organizações, a flexibilidade do sistema de manufatura, o resultado da implementação de programas de qualidade e de melhoria contínua e, conseqüentemente, a qualidade dos produtos finais. Ou seja, trata-se de uma ação crítica que necessita ser bem definida e praticada, pois tem impacto direto sobre a produção, em si.

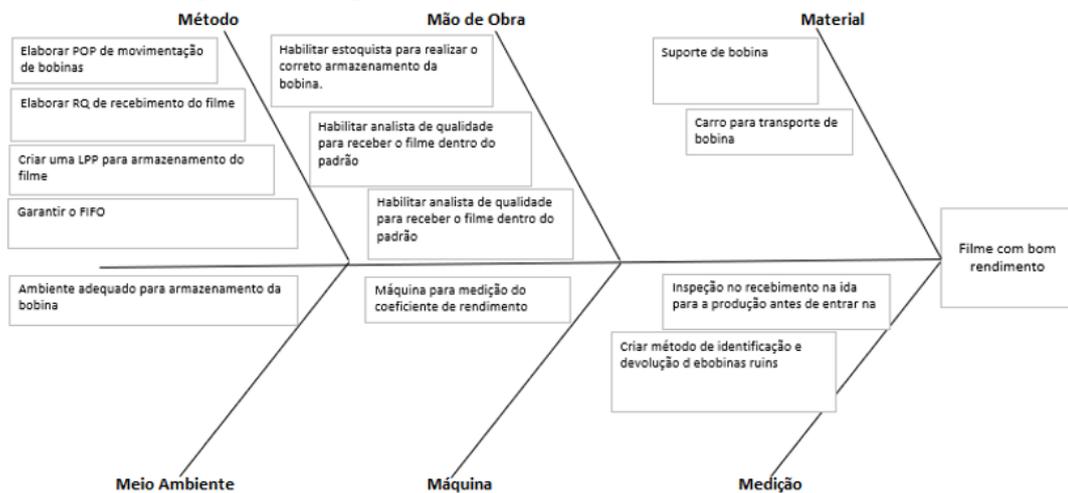
Já o caso de um equipamento sincronizado, como o mordente, a importância está principalmente atrelada ao fato de garantir o perfeito fechamento da embalagem plástica a fim de entregar um produto com segurança.

Em ambos os Diagramas, dispostos nas figuras 10 e 11, foram utilizados os chamados 6Ms: método, mão de obra, material, meio ambiente, máquina e medição. Foram elaborados seis diagramas, um para cada efeito relacionado a cada uma das causas listadas na tabela 7, com o objetivo de realizar um levantamento de ações necessárias a atingir tal efeito desejado.

Para exemplificar, a causa a respeito do bom rendimento de filmes além está diretamente relacionada a uma criteriosa seleção de fornecedores, também, envolve

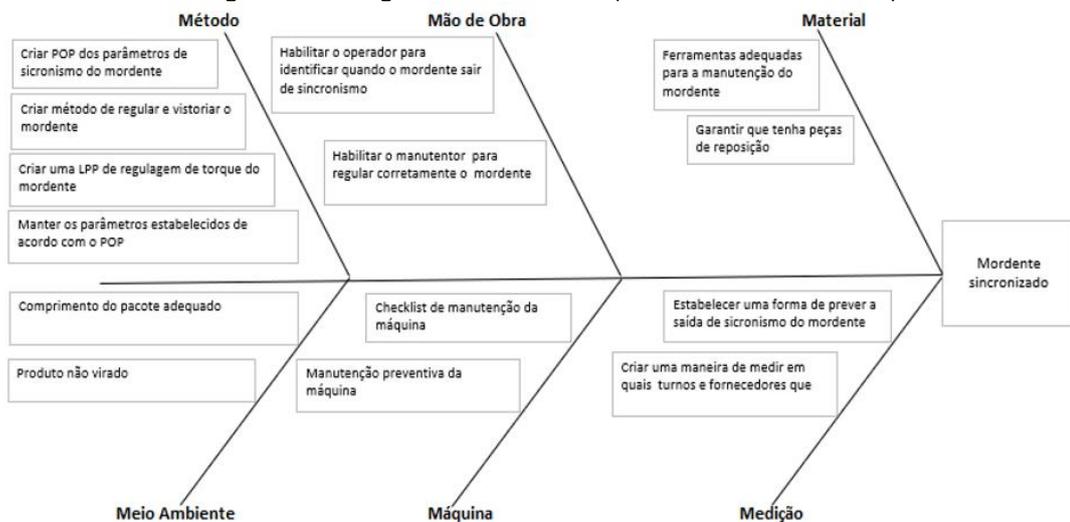
necessárias ações a respeito dos materiais, como a necessidade de um adequado suporte e um carro para armazenamento e transporte das bobinas, respectivamente. No que se refere a medição, podem ser listadas as necessidades de uma inspeção antes da liberação do filme para a linha de produção, além da criação de um método de identificação e devolução de bobinas não conforme. Já a respeito dos métodos, a elaboração de procedimentos operacionais padrão para a movimentação de bobinas, a garantia de sistema de filas *first in, first out*, entre outras ações também podem ser consideradas necessárias para a garantia de um bom rendimento do filme. As demais ações a respeito de cada um dos 6Ms considerados, podem ser observadas na figura 9.

Figura 10 - Diagrama de Ishikawa (Filme com bom rendimento)



Fonte: O autor (2020)

Figura 11 - Diagrama de Ishikawa (Mordente sincronizado)



Fonte: O autor (2020)

#### 4.2.4 Melhorar

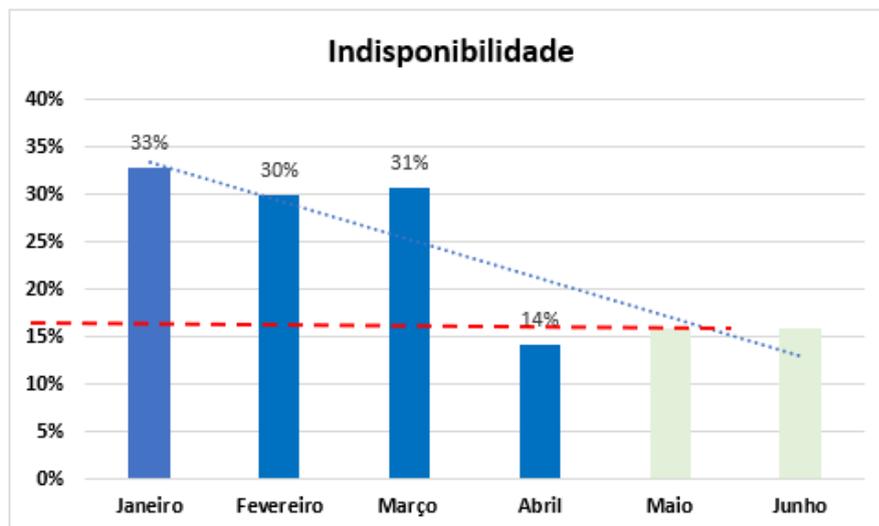
Nessa etapa, foram realizadas iniciativas de forma sistemática colocando em prática algumas das ações levantadas como necessárias, mas não necessariamente na ordem listada nas etapas anteriores. Primeiramente, foi realizada a substituição da correia lateral por uma corrente na SinglePack já que, basicamente, a correia original da máquina não conseguia “segurar” o biscoito no canal, sendo essa uma das causas principais atreladas aos problemas de parada de linha. Além disso, foi realizada uma melhoria referente ao referenciamento do mordente da SinglePack, onde foi inserida uma placa a fim de evitar que o biscoito vire após o referenciamento do mordente.

Outra iniciativa foi a substituição da lona de saída do estampo e entrada do forno, evitando assim que ocorram dobras dos biscoitos na transferência entre máquinas e evitando a má formação destes. Também foi realizado o treinamento dos operadores, elaborado pelos setores de produção, qualidade e recursos humanos. E, ainda em aberto, está sendo realizado um estudo de seleção de fornecedores considerando vários critérios para tal decisão.

#### 4.2.5 Controlar

Dado a implementação da metodologia em questão, foram obtidos resultados positivos. Houve uma diminuição de 58% no total de horas paradas, num período de 05 meses, como pode ser visto no gráfico abaixo, na figura 12; ultrapassando, assim, a meta que havia sido estabelecida (uma redução de 50%).

Figura 12 - Gráfico de taxas de indisponibilidade de linha



Fonte: O autor (2020)

Além disso, todos os diferentes biscoitos produzidos nessa linha de laminados obtiveram um aumento de produtividade, variando entre 12 a 32%.

Vale salientar que o projeto está em andamento, onde estão sendo desenvolvidos procedimentos operacionais padrão e outros documentos para treinamento e padronização dos processos a fim de manter todas as melhorias obtidas.

## **5 CONCLUSÕES**

O acirramento da concorrência, nos dias atuais, tem exigido que as organizações efetuem melhorias contínuas e busquem inovar com o intuito de garantir sua sobrevivência. No caso da indústria de alimentos essa exigência pode ser considerada ainda mais crítica, visto as peculiaridades que a envolvem, no que se refere as legislações, exigências rigorosas de boas práticas de fabricação e uma necessidade maior de oferecer uma ampla gama de produtos.

O trabalho em questão foi realizado com a finalidade de reduzir o tempo de linha de produção parada, em uma indústria do setor alimentício do Agreste Pernambucano, mais precisamente do setor de embalagem dessa linha. Para isso, foi utilizada a metodologia DMAIC como apoio na estruturação e solução do problema em questão e com o seu uso ficou evidente o potencial da metodologia no que diz respeito ao sequenciamento claro e objetivo desde a identificação até a obtenção da solução e implantação de uma melhoria padronizada. Foram verificadas, demonstradas e discutidas algumas utilizações da metodologia como forma de reduzir falhas em sistemas produtivos, ao longo do estudo, e foi percebido que os principais comentários dos autores se referiam as vantagens de um sequenciamento lógico que a metodologia fornecia e algumas dificuldades encontradas em relação ao pessoal envolvido. Esses mesmos pontos foram percebidos no estudo em questão demonstrando que, de fato, há uma necessidade de uma força maior na gestão de mudanças para lidar com tais dificuldades e que é vantajoso esse sequenciamento fornecido pela metodologia.

Ao aplicar o DMAIC, foram obtidos resultados positivos para a empresa com a identificação dos principais problemas, principais causas e levantamento de ações corretivas. Por fim, pode-se concluir que o uso da metodologia no problema proposto pode ser considerado positivo e benéfico para a empresa, quando visto que a solução obtida tem sentido lógico e apresentou uma forte melhoria.

Apesar do DMAIC ser um dos elementos da metodologia Seis Sigma, o mesmo quando bem conduzido e com a utilização integrada de Ferramentas da Qualidade pode trazer bons resultados para a organização. A utilização assertiva de Ferramentas da Qualidade como o Gráfico de Pareto, a Matriz G.U.T. e o Diagrama de Ishikawa, por exemplo, podem preparar a empresa para futuras melhorias, como também a metodologia Seis Sigma em sua totalidade.

## **5.1 Dificuldades, limitações e sugestões para trabalhos futuros**

É natural o encontro de barreiras/dificuldades na implementação de técnicas, ferramentas e metodologia, visto a ampla complexidade envolvida. Hung e Sung (2011) comentam que a implantação de metodologias não é uma tarefa simples; os autores realizaram uma aplicação numa indústria de alimentos e se depararam com muitas dificuldades no que se refere, principalmente, ao nível educacional dos trabalhadores. Não foi diferente a situação vivenciada nesse estudo, já que a metodologia utilizada envolve uma certa exigência de conhecimento estatístico e matemático. Dessa forma, algumas das dificuldades percebidas foram as seguintes: baixa escolaridade do nível operacional, falta de conhecimento da metodologia pelo nível operacional e por outros setores, além de dificuldades não necessariamente relacionadas ao nível educacional, como a falta de dados, a dificuldade na coleta de dados, a grande resistência a mudanças e a dificuldade para implementação nos três turnos (matutino, vespertino e noturno).

Como trabalhos futuros, podem ser listados: a aplicação da metodologia em toda a linha de produção, já que o trabalho se limitou ao setor de embalagem da linha de laminados. Além da aplicação de outras técnicas de apoio a estruturação e solução de problemas a fim de analisar, de forma comparativa, a efetividade das técnicas.

## **REFERÊNCIAS**

- AGUIAR, S. Integração das ferramentas da qualidade ao PDCA e ao programa seis sigma. Nova Lima: INDG, 2006.
- BARBOSA, L. A.; DREGER, A. A.; MARON, G. M.; SANTANA, R. M. C. Metodologia DMAIC aplicada à solução de problemas em uma planta petroquímica. *Espacios*, Vol.36, 14, 2015.
- BREYFOGLE, F. W. Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Method. 2. ed. New York, NY: John Wiley & Sons, 2003.
- CAMPOS, C. C. A Indústria de Alimentos no Brasil e na América do Sul. *FGV Projetos*, N°27, 2016.
- CAMPOS, V.F. TQC: Controle da Qualidade Total (no Estilo Japonês). 2ª. ed. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992.
- CARPINETTI, L. Gestão da qualidade. 2. ed. Sao Paulo: Atlas, 2012.
- CARROLL, C. T. Six Sigma for Powerful Improvement: A Green Belt DMAIC Training System with Software Tools and a 25-Lesson Course. New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016.
- CARVALHO, M. M.; PALADINI, E.P. (Coord.). Gestão da Qualidade: Teoria e Casos. 3 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016.
- CHAKRABORTTY, R. K.; BISWAS, T. K.; AHMED, I. Reducing Process Variability by Using DMAIC Model: A Case Study in Bangladesh. *International Journal for Quality Research*, Vol. 7, 127-140, 2013.
- COSTA, J. C. O. R.; SILVA, M. M. Aplicação da Programação Dinâmica Determinística na substituição de Equipamentos em uma Indústria de Alimentos. *In: L Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*. Rio de Janeiro-RJ, 2018.
- COSTA, L. B. M.; GODINHO FILHO, M.; FREDENDALL, L. D.; PAREDES, F. J. G. Lean, six sigma and lean six sigma in the food industry: A systematic literature review. *Trends in Food Science & Technology*, Vol. 82, 122-133, 2018.
- CUNHA, C.; DOMINGUEZ, C. A DMAIC Project to Improve Warranty Billing's Operations: A Case Study in a Portuguese Car Dealer. *Procedia Computer Science*, Vol. 64, 885-893, 2015.
- DAYCHOUM, M. 40 Ferramentas e técnicas de gerenciamento. Rio de Janeiro: Brasport, 2007.
- ECKES, G. Making Six Sigma Last. *Ivey Business Journal*, Vol. 66, n.3, 77-81, 2002.
- FÁVERI, R.; SILVA, A. Método GUT aplicado à gestão de riscos de desastres: uma ferramenta de auxílio para hierarquização de riscos. *Revista de Ordem Pública*, Vol.9, 93-107, 2016.

- FONSECA, J. J. S. Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC, 2002
- FRANZ, L. A. S.; CATEN, C. S. Uma discussão quanto à relação entre os métodos DMAIC e PDCA. In: III Semana de Engenharia de Produção e Transportes. Porto Alegre – RS, 2003.
- GARVIN, D. A. What does ‘Product Quality’ really mean? *Sloan Management Rev.*, Vol.26, 25-43, 1984.
- GIL, A. C. Como elaborar projetos de pesquisas. São Paulo: Atlas, 2002
- HAKIMI, S.; ZAHRAEE, S. M.; ROHANI, J. M. Application of Six Sigma DMAIC methodology in plain yogurt production process. *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 9, 2018.
- HARRY, M. J.; SCHROEDER, R. Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World’s Top Corporations. New York: Doubleday, 2000.
- HUNG, H. C.; SUNG, M. H. Applying six sigma to manufacturing processes in the food industry to reduce quality cost. *Scientific Research and Essays*, Vol. 6, 580-591, 2011.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. Manutenção: Função estratégica. 2 ed. Rio de Janeiro: Editora Quality Mark, 2004.
- KWAK, Y. H.; ANBARI, F. T. Benefits, obstacles, and future of six sigma approach. *Technovation*, Vol.26, 708-715, 2006.
- LIMA JUNIOR, F. R.; OSIRO, L.; CARPINETTI, L. C. R. Métodos de decisão multicritério para seleção de fornecedores: um panorama do estado da arte. *Gest. Prod.*, Vol. 20, 781-801, 2013.
- LOPES, J. C. C. Gestão da Qualidade: Decisão ou Constrangimento Estratégico. 2014. 76f. Dissertação (Mestrado em Estratégia Empresarial) – Universidade Europeia, Laureate International Universities.
- MAST, J.; LOKKERBOL, J. An analysis of the Six Sigma DMAIC method from the perspective of problem solving. *International Journal of Production Economics*, Vol. 139, 604-614, 2012.
- MELLO, C. H. P. Gestão da Qualidade. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011.
- MINAYO, M. C. S.; MINAYO-GOMÉZ, C. Dífíceis e possíveis relações entre métodos quantitativos e qualitativos nos estudos de problemas de saúde. 2001.
- NANDAKUMAR, N.; SALEESHYA, P. G.; HARIKUMAR, P. Bottleneck Identification and Process Improvement by Lean Six Sigma DMAIC Methodology. *Materials Today: Proceedings*, Vol.24, 1217-1224, 2020.
- PESTANA, M. D.; VERAS, G. P.; FERREIRA, M. T. M.; SILVA, A. R. Aplicação integrada da matriz GUT da qualidade em uma empresa de consultoria ambiental: Um estudo de caso

- para elaboração de propostas de melhorias. In: XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção. João Pessoa-PB, 2016.
- PMI-Project Management Institute. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projeto. 5 ed. Newton Square: PMI Book Service Center, 2013.
- PYZDEK, T. The Six Sigma Project Planner: A Step-by-Step Guide to Leading a Six Sigma Project Through DMAIC. New York: McGraw-Hill, 2003.
- RODRIGUES, M. V. Entendendo, aprendendo e desenvolvendo sistemas de qualidade Seis Sigma. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.
- ROTONDARO, R. G. Seis Sigma estratégia gerencial para a melhoria dos processos, produtos e serviços. São Paulo: Atlas, 2002.
- ROTONDARO, R. Seis Sigma - Estratégia Gerencial para a Melhoria de Processos, Produtos e Serviços. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- SALEESHYA, N. N. P. G.; HARIKUMAR, P. Bottleneck Identification and Process Improvement by Lean Six Sigma DMAIC Methodology. *Materials Today: Proceedings*, Vol.24, 1217-1224, 2020.
- SELENE, R. Controle da Qualidade as Ferramentas Essenciais. Curitiba: Ibplex, 2012.
- SHANKAR, R. Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide. Milwaukee: Quality Press, 2009.
- SIN, A. B.; ZAILANI, S.; IRANMANESH, M.; RAMAYAH, T. Structural equation modelling on knowledge creation in Six Sigma DMAIC project and its impact on organizational performance. *International Journal of Production Economics*, Vol. 168, 105-117, 2015.
- SMETKOWSKA, M.; MRUGALSKA, B. Using Six Sigma DMAIC to improve the quality of the production process: a case study. *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Vol.238, 590-596, 2018.
- SOUZA, R. S.; ROSA, A. F. P.; PORCÚNCULA, G. S.; SANTOS, G. T. Aplicação do DMAIC e Análise de Embalagens Metálicas na Indústria de Conservas. *GEPROS-Gestão da Produção, Operações e Sistemas*, Vol. 12, 273-295, 2017.
- SRINIVASAN, K.; MUTHU, S.; DEVADASAN, S. R.; SUGUMARAN, C. Enhancing Effectiveness of Shell and Tube Heat Exchanger through Six Sigma DMAIC Phases. *Procedia Engineering*, Vol. 97, 2064-2071, 2014.
- SRINIVASAN, K.; MUTHU, S.; PRASAD, N. K.; SATHEESH, G. Reduction of paint line defects in shock absorber through Six Sigma DMAIC phases. *Procedia Engineering*, Vol. 97, 1755-1764, 2014.
- SRINIVASAN, K.; MUTHU, S.; PRASAD, N. K.; SATHEESH, G. Reduction of Paint line

Defects in Shock Absorber Through Six Sigma DMAIC Phases. *Procedia Engineering*, Vol.97, 1755-1764, 2014.

TOLEDO, J. C. et al. *Qualidade: gestão e métodos*. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

WERKEMA, C. *Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas ao PDCA e DMAIC*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

WERKEMA, C. *Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

YIN, R. K. *Estudo de Caso – Planejamento e Método*. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.