



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE - CAA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

LUCAS CÉSAR JORDÃO BRAGA ALMEIDA

**A FERRAMENTA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE EMBALAGEM EM
UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: estudo de caso**

Caruaru

2021

LUCAS CÉSAR JORDÃO BRAGA ALMEIDA

**A FERRAMENTA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE EMBALAGEM EM
UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: estudo de caso**

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:

Orientador: Isaac Pergher

Caruaru

2021

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

A447f Almeida, Lucas César Jordão Braga.
A ferramenta DMAIC para redução de perdas de embalagem em uma indústria de alimentos: estudo de caso. / Lucas César Jordão Braga Almeida. – 2021.
50 f. ; il. : 30 cm.

Orientador: Isaac Pergher.
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia de Produção, 2021.
Inclui Referências.

1. DMAIC. 2. Controle de qualidade. 3. Melhorias. I. Pergher, Isaac (Orientador).
II. Título.

CDD 658.5 (23. ed.)

UFPE (CAA 2021-146)

LUCAS CÉSAR JORDÃO BRAGA ALMEIDA

**A FERRAMENTA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PERDAS DE EMBALAGEM EM
UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: estudo de caso**

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

Aprovada em 26 de agosto de 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Isaac Pergher (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Thalles V. Garcez (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Caio Solto Maior (Examinador interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pois sem ele nada seria possível. Toda força, disposição e saúde para enfrentar as dificuldades encontradas no caminho.

Aos meus pais, Luís Eduardo e Cássia, por me proporcionar todas as condições para que eu pudesse crescer. Obrigado todo a paciência, amor e dedicação comigo.

A minha noiva, Thaís Ribeiro, por sempre estar ao meu lado e não me permitir desistir em nenhum momento dessa jornada. Obrigado por todo o incentivo e por acreditar em mim em momentos que nem mesmo eu acreditava.

Ao meu antigo supervisor, Sr. Henrique Mota (em memória), por me acolher e apoiar sempre que eu precisei. Agradeço muito todos os ensinamentos que foram dados e levarei por toda a vida.

Ao meu orientador, Prof. Isaac, por acreditar que eu era capaz, por todo suporte e auxílio prestado.

Ao meu Supervisor Master, Edson Gonçalves Silva, por confiar no meu trabalho e me auxiliar crescer como pessoa tanto como profissional. Além de um grande chefe você é um grande amigo.

RESUMO

Em consequência da imensa competição mercadológica nos dias atuais, é preciso que toda empresa que tenha como objetivo competir no mercado de alimentos, vise superar os concorrentes, ofereça produtos e/ou serviços de qualidade com preço competitivo. Entretanto, para que isso ocorra é necessário que as empresas otimizem seus processos e reduzam suas perdas operacionais resultando em menores custos produtivos e consequentemente em preços mais competitivos. Este trabalho apresenta a utilização do método de melhoria orientado DMAIC (Definir – Medir – Analisar – Implementar – Controlar) para identificar soluções ao problema de altas perdas de embalagem e consequente reprocessos de biscoitos em uma empresa localizada no agreste de Pernambuco. Para tal, foi utilizado um conjunto de ferramentas quantitativas e qualitativas para a análise e mensuração do problema em questão. O período do estudo foi de janeiro a julho de 2021. O modelo DMAIC foi validado estatisticamente com a utilização do teste de Wilcoxon. Após o primeiro ciclo do modelo foi detectado uma redução mensal de perdas de reprocesso e embalagem de R\$ 9.650,20 e R\$ 8.564,4 respectivamente. Ainda, também foi percebido a redução das horas mensais de paradas não programadas ocasionadas pelo setor de embalagem em 17% gerando um acréscimo de 25 horas mensais disponíveis para produção.

Palavras-chave: DMAIC. Ferramentas da Qualidade. Teste de Wilcoxon. Melhoria.

ABSTRACT

As a result of the immense market competition these days, it is necessary that every company that aims to compete in the food market, aims to outperform its competitors, offer quality products and/or services at a competitive price. However, for this to happen it is necessary for companies to optimize their processes and reduce their operating losses, resulting in lower production costs and, consequently, in more competitive prices. This paper presents the use of the DMAIC (Define – Measure – Analyze – Implement – Control) oriented improvement method to identify solutions to the problem of high packaging losses and consequent reprocessing of cookies in a company located in the rural region of Pernambuco. To this end, a set of quantitative and qualitative tools was used to analyze and measure the problem in question. The study period was from January to July 2021. The DMAIC model was statistically validated using the Wilcoxon test. After the first cycle of the model, a monthly reduction in reprocessing and packaging losses of R\$ 9,650.20 and R\$ 8,564.4 respectively was detected. Still, it was also noticed the reduction of monthly hours of unscheduled stops caused by the packaging sector by 17%, generating an increase of 25 monthly hours available for production.

Keywords: DMAIC. Quality Tools. Wilcoxon test. Improvement.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	– Padrão Seis Sigma.....	22
Figura 2	– Gráfico Seis Sigma.....	22
Figura 3	– Simplificação do processo de implementação DMAIC.....	23
Figura 4	– Digrama de Causa e Efeito.....	26
Figura 5	– Fluxograma da linha <i>de wafers</i>	31
Figura 6	– Resultado do Teste de Normalidade de Shapiro.....	34
Figura 7	– Gráfico de Pareto para identificação do setor com maior número de paradas	35
Figura 8	– Causas consideradas para o problema de perda de embalagem.....	39
Figura 9	– <i>Quest</i> para avaliação das possíveis causas do problema.....	39
Figura 10	– Pareto de avaliação preliminar da ferramenta DMAIC.....	44
Figura 11	– Teste de Wilcoxon.....	45
Figura 12	– Variação das perdas de embalagens por dia em gráfico BOXPLOT.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Monitoramento das perdas do setor de embalagem antes do DMAIC.....	36
Tabela 2 - Monitoramento das perdas do setor de embalagem depois do DMAIC.....	43
Tabela 3 - Resultados estatísticos.....	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Geral	13
1.2.2	Específicos	13
1.3	JUSTIFICATIVAS	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	QUALIDADE	16
2.1.1	FERRAMENTAS DA QUALIDADE	17
2.2	AS SETE PERDAS DA PRODUÇÃO	19
2.3	SEIS SIGMA	21
2.4	DMAIC	24
2.4.1	Definir	24
2.4.2	Mensurar	25
2.4.3	Analisar	25
2.4.4	Melhorar	26
2.4.5	Controlar	27
2.5	TESTE DE WILCOXON	27
3	METODOLOGIA	29
3.1	CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA	29
3.2	OBJETO DE ESTUDO	30
4	ESTUDO DE CASO	31
4.1	DESCRIÇÃO DA EMPRESA	31
4.2	COLETA DE DADOS	33
4.3	ANÁLISE DOS DADOS	34
4.4	APLICAÇÃO DO DMAIC	34
4.4.1	Definição	34
4.4.2	Mensuração	34
4.4.3	Análise	36
4.4.4	Implementação	39
4.4.4.1	<i>Troca de peças de maquinário</i>	<i>40</i>

4.4.4.2	<i>Treinamento operacional</i>	41
4.4.4.3	<i>Padronização e monitoramento da viscosidade da massa</i>	41
4.4.4.4	<i>Padronização do processo de produção</i>	41
4.4.4.5	<i>Troca de fornecimento</i>	41
4.4.4.6	<i>Plano de monitoria da temperatura do setor</i>	41
4.4.5	Controle	41
5	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	43
5.1	AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS	44
6	CONCLUSÕES	47
	REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

Já é de conhecimento a relação entre o alto desempenho empresarial com os possíveis ganhos de lucratividade e de mercado. Esta afirmação é de conhecimento das empresas e é sobre esta percepção que a maioria delas formulam suas articulações industriais, seja dentro da alta gerência (com as mais diversas tomadas de decisões), seja dentro do chão de fábrica, com procedimentos simples ou complexos, mas que forneça maior assertividade produtiva e administrativa (MARTINS; OLIVO, 2016; LIMA; GALDAMEZ, 2018).

Esta dinâmica empresarial, como disserta Souza et al. (2017), não é ditada somente pela necessidade de crescimento e aprimoramento dos ganhos, mas é um entendimento advindo das exigências do mercado que se encontra cada vez mais metuculoso na forma como entende e espera ser atendido com relação aos requisitos estipulados. Assim, as organizações se tornam cada vez mais diversificadas em produtos e processos para garantir que este mercado seja atendido com produtos de qualidade e com preços competitivos.

Por isso, é necessário implementar mudanças nos processos que possam ser traduzidas em produtos dentro das especificações, manufaturados sob as condições estipuladas, com custos reduzidos e alta eficiência de produção (MOURA; FACHIN; SCHLEDER, 2020). Para se alcançar tais patamares é necessário o uso de metodologias que possam trazer melhorias no processo, com capacidade de continuidade dessa melhoria, além de reduzir perdas, custos e danos nocivos ao alto desempenho industrial esperado.

Essas metodologias são consequências de duas percepções: o primeiro, a própria competitividade e o interesse empresarial de aumentar sua capacidade de lucros; e o segundo, a mudança cultural advinda de clientes com cada vez mais expectativas altas com relação à capacidade de atendimento industrial. Estas duas percepções fomentam uma incessante busca pelo aperfeiçoamento, com a instalação de mecanismos de inovação, além de intervenções que resultem na mitigação de erros e perdas (MARTINS; OLIVO, 2016).

Portanto, é possível compreender que a melhoria contínua, no que se refere a redução de perdas, não é um mero mecanismo diferencial empresarial, mas é um elemento fundamental para a composição de uma cultura empresarial que visa altos ganhos e bom desempenho de mercado, e isto é vital para a sobrevivência contemporânea em qualquer ramo industrial. Assim, compreender as dinâmicas voltadas para a identificação, projeção, correção e controle de qualquer atividade que não seja capaz de gerar valor ao produto, bem como identificar e sanar problemas relacionados a produtos defeituosos, perdas de materiais, processos desnecessários

ou atividades redundantes, podem ser vistos como ações de mitigação e correção de perdas (SOUZA et al., 2017).

Diante deste entendimento, de que a perda é uma problemática real e que deve ser exposta para não se traduzir em revés financeiro ou de competitividade, faz-se necessário compreender como lidar com estas problemáticas dentro do processo produtivo. Para isto, ferramentas como Seis Sigma, que tem como sua base o retorno financeiro, redução de retrabalho, otimização de tarefas, corte de custos desnecessários e isto a partir de ferramentas e métodos que podem ser aplicados e direcionados por ações simples e contínuas dentro do ambiente empresarial.

Entre esses métodos, e como foco do referido trabalho aqui realizado, tem-se o DMAIC (*Define* - Definir; *Measure* - Medir; *Analyse* - Analisar; *Improve* - Melhorar; *Control* - Controlar), metodologia capaz de abranger uma grande quantidade de problemas, além de identificar, analisar e solucionar situações indesejadas relacionadas às perdas dentro de um ambiente organizacional (LIMA; GALDAMEZ, 2018).

Esse trabalho tem por objetivo desenvolver, a partir das ferramentas encontradas na metodologia DMAIC, mecanismos que auxiliem no processo de redução de perdas de embalagens dentro da produção de biscoitos de uma empresa da região do Agreste de Pernambuco. Além disso, com a utilização das ferramentas aqui expostas, tem-se a possibilidade de encontrar meios de reduzir o retrabalho e os custos relacionados a esta etapa específica.

1.1. DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

A fábrica em questão, objetivo do referido Trabalho de Conclusão de Curso (TCC), tem por problemática a última etapa da produção de biscoito tipo *waffer*. A problemática se apresenta no excesso de problemas na fabricação desses produtos. Isto ocorre a partir de alguns fatores: a) quando a placa do biscoito tipo *waffer* vem com alguma falha ou erro (como pouco recheio ou tamanho inadequado), isto fomenta o refugo e, conseqüentemente, a perda da embalagem; b) quando ocorre falha no maquinário responsável por selar o pacote de biscoito, conhecido por “mordentes”. São máquinas antigas e, pelo desgaste temporal, promove refugos ou perdas dos pacotes dos biscoitos com bastante frequência; c) quando o próprio produto é produzido de forma inadequada, ocorrido pelo cozimento errado.

Isto, portanto, causa reverses severos para a linha de produção, com reprocesso da produção (com a trituração do biscoito para nova produção), a perda da produtividade com atrasos na produção ou troca de programação por consequência dessas falhas do processo e, em casos mais extremos, a parada total da linha até a resolução paliativa do problema em questão.

Assim, o método DMAIC se apresenta como necessário para a realização do trabalho aqui realizado, pois, a partir de seus mecanismos de redução de variações e problemas de fabricação, foi possível introduzir ações para a redução de perdas de embalagens de uma fábrica do ramo de alimentos, mas especificamente de fabricação de biscoitos tipo *wafer*.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1 Geral

Apresentar um modelo para redução de perdas de embalagens em um processo de fabricação de biscoitos baseado na metodologia DMAIC.

1.2.2. Específicos

- Realizar um mapeamento do estado atual do processo de produção de wafers;
- Propor um modelo baseado no DMAIC para o sistema de produção deste tipo de produto;
- Implementar o modelo em caso real;
- Reduzir as perdas com reprocesso.

1.3. JUSTIFICATIVAS

Embora a compreensão sobre implementações de ações que visem a redução de custos e de perdas seja apaziguada por todos os ambientes organizacionais, boa parte dos ramos empresariais tradicionais não se apresentam dispostos a extrapolar suas práticas cômodas e desempenhos medianos. Isto se traduz, em boa parte, em empresas com funcionalidades no limite do aceitável, com problemáticas em todos os pontos e que encarecem não somente suas atividades produtivas, mas até as atividades mais comuns e menos trabalhosas.

Reduzir perdas está diretamente ligado a capacidade lucrativa e funcional de qualquer organização, o que fornece o claro entendimento sobre a importância desta variável para as atividades organizacionais. Esta compreensão pode ser entendida no modo em que as perdas são percebidas pela indústria: refugos, retrabalho, reclamações de clientes, todos esses pontos relacionados a perdas se apresentam como custos que poderiam ser evitados (MOURA; FACHIN; SCHLEDER, 2020).

Para a indústria de alimentos esta percepção é mais clara. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO/ONU), 1,3 bilhão de toneladas alimentos são desperdiçados ou perdidos em alguma etapa industrial ou de consumo humano (JARDIM, 2018), o que se apresenta em custos nas casas dos bilhões para todos os ramos que trabalham com alimentos em alguma etapa da rede de suprimentos. Isto fomenta a necessidade de ações que visem não somente a mitigação de perdas de produção alimentícia, mas também de maior eficiência na capacidade de resposta empresarial para esta problemática e isto para todos os ramos do setor.

Um desses setores e que se apresenta em destaque é a indústria de fabricação e distribuição de biscoitos. O Brasil apresenta-se como o segundo maior produtor do mundo no ramo, com uma capacidade de mercado em 7,8% no ano de 2017. Porém, além da problemática mundial relacionada com o desperdício de alimentos, o setor sofre com a crise econômica que se alastra desde 2016, o que pressiona as empresas a modificarem o modo como lida as perdas diárias do setor de produção (LEÃO; CAMERA, 2019).

Este indicativo, traz a necessidade de interpor ações que visem controlar a capacidade produtiva dessas empresas, além de estabelecer mecanismos que se traduzam em mitigação de erros e perdas que podem ser nocivas em longo prazo. E é sob este aspecto que se torna necessário o uso de ferramentas e métodos que facilitam a aplicação de atividades que reduzam perdas e tragam maior sustentabilidade produtiva para o setor em questão.

Assim, o presente trabalho se sustenta em trazer um plano de ação, com base na metodologia DMAIC, para mitigar refugos do setor produtivos de biscoitos de uma empresa selecionada. Este trabalho visa traduzir em como os mecanismos da metodologia DMAIC podem ser facilmente adaptadas para trazer correções de processos da indústria em questão. Além disso, o trabalho se orienta em beneficiar o setor científico com a contribuição da capacidade de lastro e uso da ferramenta em qualquer situação ou procedimento dentro de um ambiente empresarial.

Outro ponto em questão relaciona-se as contribuições para a empresa, objeto do referido trabalho de TCC, tem-se: compressão mais clara sobre os problemas ocorridos dentro do

processo de embalagens; observação assertiva sobre as consequências do problema para o setor em questão, além dos custos relacionados a este problema; e, por fim, trazer um método de fácil utilização para dentro do setor com capacidade de mitigar as problemáticas apresentadas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo serão abordadas as contribuições acadêmicas sobre o tema aqui exposto.

2.1. QUALIDADE

Antes de compreender todo o processo e entendimento relacionado as ações do Seis Sigma e da ferramenta DMAIC, faz-se necessário estabelecer a construção histórica e conceitual do que significa e como se aplica a Qualidade. Ainda no século XX, entendia-se qualidade como uma prática de inspeção, que consistia no processo de avaliação e separação dos produtos que não se encontravam dentro dos padrões especificados. Assim, entendia-se a qualidade como uma ação corretiva dos processos de produção (SILVA; OLIVEIRA; SILVA, 2017).

Entre os anos de 1920 e 1930 promoveram-se as primeiras ações direcionadas ao conceito de controle da qualidade. Em 1924 surgiam os primeiros gráficos de controle estatístico de processos. Estes gráficos foram capazes de modificar a percepção da qualidade como uma ação estritamente corretiva, para uma visão preventiva dos processos produtivos, o que incluía também o controle e o monitoramento desses processos. Já em 1930 são criados normativos (americanos e britânicos) relacionado ao controle de qualidade e que traziam reforço a necessidade preventiva da qualidade (OLIVEIRA, 2020).

Somente a partir de 1950 surge um novo modelo conceitual relacionado à qualidade. Este conceito estava direcionado a se fundar as garantias da qualidade. Estas garantias tinham como abordagem o conceito da *Total Quality Control* (TQC), que foi o precursor da *International Organization for Standardization* (ISO), que teve, em 1987, as primeiras publicações relacionadas aos normativos da ISO 9000 sobre os sistemas de garantias da qualidade (LOBO, 2019)

Os anos pós Segunda Guerra Mundial foram excepcionalmente diferenciados no que se refere aos novos conceitos e influências para a qualidade. No Japão, dentro desse período, surge os primeiros passos sobre o conceito que iriam, posteriormente, fazer parte do entendimento da Gestão da Qualidade Total. Porém, as influências mais claras desse período estão relacionadas à: melhoria contínua, maior participação dos colaboradores e dos fornecedores dentro do sistema de gestão e minimizar desperdícios (PINHO et al, 2020).

É partir daqui que surge a qualidade como o processo de atendimento as expectativas geradas pelos clientes. Nos anos seguintes, principalmente nas décadas de 1970 e 1980, os

modelos gerenciais relacionados à qualidade passam por modificações advindas de programas mais robustos, como o modelo Toyota, que surge no entendimento de eliminar os defeitos e promover a melhoria contínua, e que foi responsável pelo surgimento de ferramentas como: Diagrama de Pareto, Diagrama de Causa e Efeito, *Brainstorming*, entre várias outras ferramentas que são utilizadas até os dias atuais.

Toda essa construção histórica se faz necessária para demonstrar como a qualidade passou por diversos estágios de desenvolvimento. Esta evolução trouxe benefícios e promoveu diversos debates relacionados a definição do conceito de qualidade. Para Souza (2018), qualidade é atender as especificações do produto – ou seja, enquanto o produto estiver dentro dos padrões previamente especificados, ele estará dentro da qualidade necessária e esperada.

Porém, Pinho et al (2020), fomenta que qualidade vai além das garantias das especificações, e promove-se em atender as expectativas dos clientes. A qualidade aqui se apresenta como um fator de percepção e controle do cliente final, isto tendo a compreensão que é este cliente que estabelecerá fidelidade com a empresa. Assim, a qualidade, dentro do que apresenta o autor, é a forma como o cliente esperar (e é) atendido nas suas necessidades esperadas pelo determinado produto.

2.1.1. Ferramentas da Qualidade

As ferramentas da qualidade devem ser observadas como mecanismos utilizados para trazer análises sobre o controle de processos, avaliação e correções de problemas, além de oferecer, de modo mais claro, compressões sobre diversos aspectos dos processos produtivos que possam trazer reveses para a saúde empresarial (SOUZA, 2018).

Dentro dessa observação existem sete ferramentas básicas conhecidas e difundidas, que compreendem e abarcam os problemas relacionados a qualidade de forma mais incisiva e coerente (SILVA; OLIVEIRA; SILVA, 2017), são elas:

- Diagrama de Causa e Efeito –utilizada para demonstrações da relação entre os problemas e as diversas possíveis causas que acometem no problema. Esta ferramenta se apresenta em formato gráfico, e pela sua simplicidade é possível compreender claramente os diversos possíveis erros que causar o problema observado. Para se chegar nessas causas é necessário, porém, utilizar-se do conhecimento de diversos profissionais que lidam com a problema em *Brainstorming*. Estas causas são relacionadas a seis grupos básicos observados, comumente conhecidos como 6M, a saber: mão de obra,

materiais, máquina, método, medição e meio ambiente; os passos para se utilizar a ferramenta se apresentam em: 1 – Determinar o problema; 2 – estabelecer as possíveis causas em *brainstorming*; 3 – construção do diagrama; 4 – análise do diagrama com identificação e sequenciamento dos problemas mais urgentes;

- Diagrama de Dispersão –o gráfico de dispersão se apresenta como uma possível relação causal entre duas variáveis. São utilizados para classificação sistemática da relação de causa e efeito entre os problemas observados. Para se medir a correlação entre as duas variáveis é necessário avaliar o coeficiente R , que capaz de medir a linearidade entre estas variáveis;
- Fluxograma – a ferramenta é simplesmente a sequência gráfica das atividades que compõem e interagem nos processos realizados pela empresa. Utilizando-se de símbolos previamente estabelecidos, o fluxograma é capaz de demonstrar de modo visual cada etapa que compõe o processo como um todo. Atenta-se que fluxograma, na compreensão visual do processo, estabelecerá uma relação entre pessoas, métodos, insumos, equipamentos e as necessidades básicas para a geração do produto ou serviço;
- Folha de Verificação –é utilizada para coleta de informações sobre determinado evento investigado. Esta coleta é realizada de diversos modos: formulários eletrônicos, impressos, por redes sociais, entre outros. É uma ferramenta simples e ordenada que auxilia rapidamente na identificação e interpretação dos resultados;
- Gráfico de Controle –também conhecidas como Cartas de Controle, tais gráficos são utilizados para verificar, analisar, corrigir e acompanhar a variabilidade de diversos processos. Para isto, faz-se necessário estabelecer limites inferiores e superiores que vão ditar os pontos que o processo deve se manter. Para Nico et al (2018), esta ferramenta é útil para controle e monitoramento de variáveis ou atributos de um processo em determinado período de observação;
- Gráfico de Pareto – Este princípio foi desenvolvido no entendimento de que 80% dos problemas têm em seu cerne 20% das causas de um todo. Assim, constrói-se um gráfico pelo qual se apresentam o impacto das causas nos problemas observados;

- Histograma –apresenta-se como uma ferramenta estatística que é capaz de produzir uma visualização assertiva sobre a frequência que determinada variável ocorre. Esta ferramenta é apresentada em um gráfico de barras que fornece a dispersão dos dados em torno da variável observada e a média central da frequência de aparições desses dados.

Assim, todas essas ferramentas são utilizadas, dentro da gestão da qualidade, para contribuir no processo de avaliação dos objetivos que se estabelecem na empresa em alcançar a qualidade desejada e demanda pelos clientes. Portanto, o que sustenta Souza (2018), é que estas ferramentas não podem ser utilizadas separadamente, mas no seu conjunto para melhorar a capacidade de análise dos resultados e tomadas de decisões assertivas.

2.2 AS SETE PERDAS DA PRODUÇÃO

Quando se apresenta um processo de melhoria contínua, principalmente dentro de um setor produtivo, compreender como as perdas acontecem e a sua relação com a capacidade produtiva de uma empresa, torna-se necessário, já que é a partir da compreensão e do planejamento de mitigação dessas perdas é possível trazer benefícios claros e duradouros para o bem financeiro e de produção das indústrias (MARTINS, 2018).

Assim, Ohno (1997) *apud* Zeigler (2020), relata sobre perdas em 7 diferentes tipologias que podem ser observadas de forma abrangente e traduzir-se para diferentes meios industriais. Essas perdas foram descritas a partir da conceitualização do Sistema Toyota de Produção, e se identificou úteis para observar problemas tanto dentro da manufatura, quanto para serviços em geral. Assim descrevem-se as 7 perdas da produção:

- Perda de superprodução – produzir mais do que é necessário é uma das fontes de desperdícios mais usuais encontrada nas empresas. É considerada uma perda muito danosa, já que, a partir dela é possível se identificar outras diversas tipologias de perdas (SOLIMAN; SAURIN; WERLE, 2017). Assim, a compreensão clara para evitar desperdício de superprodução é: realize apenas o que o cliente solicitou;
- Perda por espera – é o desperdício que ocorre quando há excesso de espera de material que precisa ser processado. Aqui é a tipificação clara das filas, dos superlotes e as altas taxas de utilização de equipamentos (MARTINS, 2018). Assim, para evitar que ocorra perdas relacionadas a espera, tem-se o

indicativo de balancear a quantidade do que é produzido e sincronização da linha de produção;

- Perda em transporte – movimentar material de um setor para o outro, ou mesmo dentro do próprio setor, é considerada uma atividade de transporte. O que se entende como perda, é que esta movimentação não agrega valor ao produto e apresenta-se em excesso no tempo total do processo. Assim, atividades de transporte devem ser evitadas, reduzidas ou eliminadas, e isto é organizado pela estruturação de um arranjo físico adequado (SLACK, CHANBERS; JOHSTON, 2002);
- Perda no processamento – são atividades que não agregam valor no próprio processo de produção. Neste ponto é necessário questionar os motivos dos métodos utilizados para produzir determinado produto serem os métodos escolhidos, ou a motivação para realizar a produção de uma peça ou mesmo de um produto (SOLIMAN; SAURIN; WERLE, 2017);
- Perda relacionada a movimento – são ações desnecessárias que ocorrem durante a produção e são realizadas, costumeiramente, por colaboradores, ocasionando em tempos desnecessários para produção. Assim, a redução do movimento e dos tempos é uma das formas de garantir agilidade do processo e foco apenas nas ações que geram valor (SLACK, CHANBERS; JOHSTON, 2002);
- Perda por produção de produtos com defeitos – processos não padronizados geram uma quantidade expressiva de produtos fora das especificações necessárias, isto se configura em perda de produtos, material prima, tempo, retrabalho. Assim, a padronização do processo é uma das ferramentas usuais para evitar que exista a produção demasiada de defeitos;
- Desperdício por estoque – estoque é necessário, mas não tão necessário assim. Abusar do estoque pode ser sinal de problemas no processo produtivo. Antecipação da produção, previsão mal elaborada, problemas entre estágios produtivos podem ser pontos de geração de estoque desnecessário e que precisam ser sanados para evitar perdas (SLACK, CHANBERS; JOHSTON, 2002).

Assim, as 7 perdas da produção é uma compreensão clara sobre as mais diversas possibilidades de geração de atividades que não geram valor ao produto e acumulam custos que

podem ser danosos em qualquer tipo de prazo para a empresa (MARTINS, 2018). Com essa compreensão, faz-se necessário utilizar-se de ferramentas e conceitos de que possam ser usados pelas empresas a fim de não só diminuir perdas, mas eliminá-las.

2.3 SEIS SIGMA

De modo geral, a metodologia Seis Sigma surge com o intuito de aumentar a capacidade de lucro de uma organização. Este objetivo é alcançado a partir de aplicações de ferramentas que visam estabelecer as melhorias da qualidade de seus produtos e processos. Além disso, tem-se como objetivo do Seis Sigma atender e aumentar a satisfação do cliente (em qualquer nível produtivo) e dos consumidores. “O Seis Sigma não opera por si só, o sistema produtivo deve alcançar uma estabilidade básica através da padronização e eliminação de desperdício e de defeitos, o que envolve o estudo das operações da rotina do dia-a-dia.” (RIOS, 2006, p.16).

O início do Seis Sigma é datado a partir do ano de 1987, pela empresa Motorola, com a perspectiva de promover seus produtos dentro do mercado internacional, a empresa promove a criação de um procedimento com capacidade de suprir os problemas de qualidade que eram encontrados dentro de seus sistemas de produção. Assim, entre os de 1980 e 1990 a empresa obteve, com o uso ferramental do Seis Sigma, lucro de 2.2 bilhões de dólares.

Outra empresa que também utilizou o sistema Seis Sigma dentro de sua rede produtiva, foi a *General Eletric* (GE). A empresa começou com o sistema no início dos anos de 1990, com o intuito também de trazer maior qualidade aos seus produtos e ganhar mercado internacional. No ano de 2002, a empresa já obtinha resultados de 4 bilhões de dólares em economia produtiva ao ano (SILVA; OLIVEIRA; SILVA, 2017).

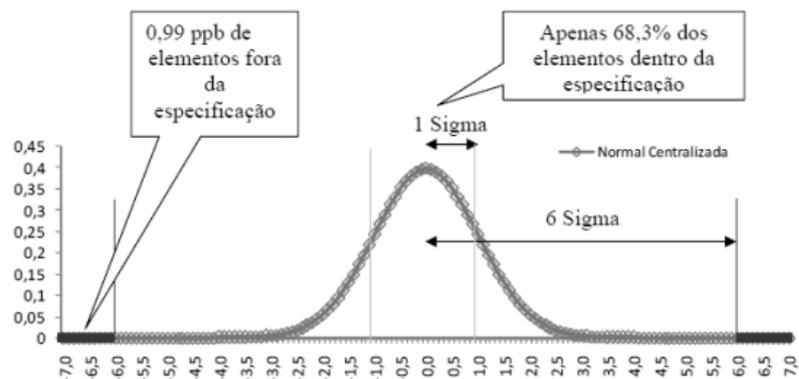
Foi a partir da desenvoltura das duas organizações supracitadas que a metodologia Seis Sigma passou a ser interesse comum entre os mais diversos setores econômicos mundiais. Para Perez-Lopez e Garcias-Cerdas (2014), o sigma, para a estatística, é a representação do desvio padrão de uma população observada dentro de um determinado sistema. Assim, o que se entende como Seis Sigma é a variabilidade de seis desvios padrão, o que se traduziria em um processo isento, em nível estatístico, de erros (Figura 1)

Quadro 1: Padrão Seis Sigma

Produção	DPMO	Sigma
30,9%	690.000	1
69,2%	308.000	2
93,3%	66.800	3
99,4%	6.210	4
99,98%	320	5
99,9997%	3,4	6

Fonte: Pande et al. (2000)

Assim, o que se entende pela figura 1 é que existe uma simplificação, em conversão, dentro do processo de rendimento da produção e os Defeitos Por Milhão de Oportunidades (DPMO), que pode ser traduzido nos erros que poderiam aparecer se as atividades fossem repetidas um milhão de vezes (SILVA et al, 2021). O que se tem, portanto, é que o desempenho do Seis Sigma, alinhada com outras ferramentas, traduz-se em uma melhoria de capacidade para qualquer organização (figura 2).

Figura 2: Gráfico Seis Sigma

Fonte: Donadel (2008)

O sistema em si surge como proposta para todas as ações e atividades dentro de uma empresa, seja ela de qualquer tipologia ou porte. A metodologia tende a focar no cliente, no produto, nas melhorias do processo, na qualidade das estruturas, e no modo como as ações da qualidade são elencadas e executadas dentro das estruturas da organização (PEREZ-LOPEZ, GARCIA-CERDAS, 2014).

O que sustenta Silva et al (2021) é que a metodologia Seis Sigma deve ser observada como uma estratégia gerencial que tem direcionamento a variabilidade dos resultados que chegam até o cliente final. Esta metodologia é focada em dados e fatos capazes de auxiliar de forma robusta as tomadas de decisão. E tudo isto apenas utilizando-se de ferramentas já conhecidas e bem estruturadas pela academia, diferenciando-se na forma de aplicação e abordagem que minera e trata os dados obtidos.

2.4. DMAIC

O método DMAIC surge como uma das ferramentas mais assertivas para a implementação do conceito de Seis Sigma. Isto é dito, pois, a partir da aplicação assertiva das ferramentas elaboradas para o DMAIC é possível promover uma assertividade estatística para a resolução do problema norteado para ser solucionado (SILVA et al, 2021).

O método DMAIC se estabelece em cinco ciclos de atividades que são descritos em: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar. Cada ciclo é composto por um grupo de ferramentas bem definidas que são expostas ao problema e consegue, se bem implementadas, promover a entrega de uma solução viável. Para Perez-Lopez e Garcias-Cerdas (2014), a ferramenta se sustenta em processos de identificação de problemas a partir de uma série de técnicas e ferramentas lógicas que entregam, ao fim de sua aplicação, soluções coerentes à necessidade da empresa.

Para isto, as cinco etapas do método se organizam de modo cíclico em ações coerente e objetivas, dos quais se pontuam: Definir (*Define*) – Realização precisa do escopo do projeto; M – Mensurar (*Measure*) – determinar a localizado do problema que se deseja sanar; A – Analisar (*Analyze*) – encontrar as causas do problema foco; I – Melhorar (*Improve*) – avaliar e implementar soluções para o problema foco; C – Controlar (*Control*) –promover a manutenção da solução em um período longo (NICO et al, 2018).

A figura 3 mostra como se sustenta a execução da ferramenta e como cada etapa depende da etapa anterior para sustentar suas ações:

Figura 3: Simplificação do processo de implementação DMAIC



Fonte: baseado em Pande et al (2000)

O que se entende, portanto, é que a ferramenta DMAIC é uma estrutura cíclica (contínua) de trabalho e pode ser utilizada enquanto for necessária para a empresa. Ou seja, não existe prazo para finalização do método dentro do setor ou problema em que foi implementado, podem-se demandar diversos outros projetos de melhoria (PEREZ-LOPEZ, GARCIA-CERDAS, 2014).

2.4.1. Definir

A definição dos requisitos demandados pelo cliente é considerada a etapa inicial da aplicação da ferramenta DMAIC. Para etapa, como sustenta Brizzi e Barbosa (2017), utiliza-se a ferramenta conhecida como Voz do Cliente. Que pode ser considerada um instrumento de registro dos problemas relatados por um observador.

Posteriormente, faz-se necessário compreender qual o principal processo envolvido no escopo dos problemas que estão sob alvo de investigação (BRIZZI; BARBOSA, 2017). Para isto, o método DMAIC indica o uso do diagrama SIPOC (*Suppliers – Inputs – Process – Outputs – Clients*), já que este é capaz de oferecer um nível visual do processo de forma bastante satisfatória. Além disso, a ferramenta não indica ou possibilita visualização de nenhum ponto decisório, apenas demonstra o nível de atividades (quadro 1).

Quadro 1: Modelo SIPOC

Fornecedores (<i>Suppliers</i>)	Entradas (<i>Inputs</i>)	Processo (<i>Process</i>)	Saídas (<i>Outputs</i>)	Clientes (<i>Clients</i>)

Fonte: Elaboração Própria (2021)

O SIPOC se apresenta em: S – Fornecedores (*Suppliers*) – apresenta quem fornece informação, material ou outro suporte antecedente a execução do processo em questão; I - Entradas (*Inputs*) – apresenta o que é fornecido ao processo como matéria prima; P – Processo (*Process*) – os passos dados para agregar valores as entradas; C – Clientes (*Clients*) – o destino do material transformado (BRIZZI; BARBOSA, 2017; COSTA, 2019).

Assim, é possível estabelecer de forma coerente como se dá o comportamento do processo, com a descrição detalhada de cada ação que compõe as etapas desse processo. Estas informações auxiliam na visualização dos possíveis problemas que possam incorrer na necessidade interventiva (COSTA, 2019).

2.4.2. Mensurar

Inicialmente é realizado a quantificação dos dados do problema ou problemas direcionados para serem solucionados pela ferramenta DMAIC. Aqui, deve-se compreender, é apenas o ponto de coleta dos dados, não existe qualquer ato de análise ou intervenção, mas apenas a reunião de informação que seja capaz de descrever detalhadamente o que ocorre com o processo (CHIROLI et al, 2020).

Para Souza (2018), nesta etapa é possível construir um arcabouço de informações a partir de um sistema amostral representativo e aleatório. Porém, como relata o mesmo autor, esta aquisição de informações deve ser realidade com o método de estratificação mais adequado para o problema, e sob a ótica de diferentes pontos observacionais.

Assim, várias ferramentas podem ser empregadas nesta etapa, e a sua seleção será de acordo com a forma que o problema será visualizado. Entre as ferramentas desta etapa tem-se a Árvore de Amostragem, o gráfico de Pareto, e os Histogramas. Todos direcionados para coleta e identificação dos problemas prioritários (MIRANDA et al, 2019).

Deste entendimento é possível compreender que para a etapa de medição faz-se necessário a construção de um plano de coleta de dados, isto para garantir que a medição não seja enviesada por diferentes problemas externos, ou que comentam equívocos no processo de aquisição de informação, ou mesmo realizar medições desnecessárias (CHIROLI et al, 2020).

2.4.3. Analisar

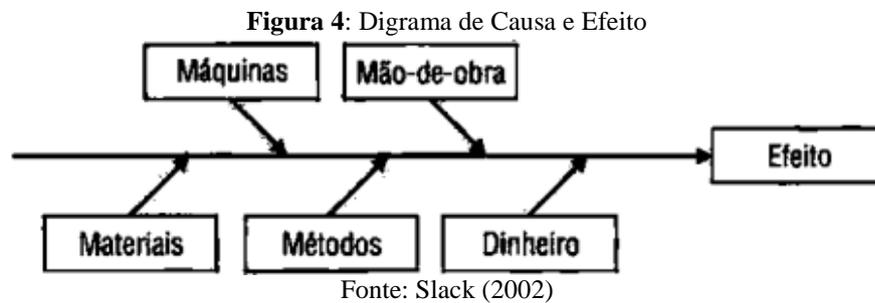
Para Nico et al (2018) está é a etapa mais importante de todo o processo de aplicação do DMAIC. Já que é aqui que todo os dados coletados e estratificados são analisados e transformados em informações necessárias para que se estabeleçam as tomadas de decisão assertivas para resolução do problema foco.

Para Cabral et al (2019), nem sempre será possível visualizar rapidamente a causa raiz do problema foco, portanto, será necessário estabelecer mecanismos que desagreguem o problema de modo a visualizar as diversas ações nocivas que possam se apresentar como o problema foco. Assim, para auxiliar nesse processo analítico ferramentas como o Diagrama de Causa e Efeito, são indicados para identificação dos agentes causadores do problema observado.

O autor ainda relata que a execução da ferramenta Diagrama Causa e Efeito pode ser realizada a partir dos seguintes passos: 1) promoção do problema foco na caixa “EFEITO”; 2) identificação das principais categorias das causas do problema foco; 3) realizar *brainstorming*

para compreender as possíveis causas de cada categoria; 4) registro no diagrama dos potenciais causas e discutir soluções.

A figura 4 apresenta uma exemplificação do modelo do Diagrama de Causa e Efeito:



Aqui, portanto, demonstra-se como se apresenta os efeitos que são influenciadores para causar o problema foco. A partir desse entendimento, tem-se a inserção das ações de melhoria (MIRANDA et al, 2019).

2.4.4. Melhorar

Testa etapa do processo de aplicação da ferramenta DMAIC, estabelece-se o uso de ferramentas interventivas. Que para Cabral *et al.* (2019), sustenta-se no ato de desenvolver procedimentos para resolução das causas raízes. Toda essa aplicação deve ser realizada com ações padronizadas, e difundida pela equipe executora. Além disso, essas ações devem ser expostas de forma clara e simples para que todo colaborador se aproprie do processo de resolução do problema foco.

Atenta-se, porém, como sugestiona Miranda et al (2019), que antes de aplicar a solução em nível de setor, faz-se necessário a implementação de um teste piloto, ou seja, a criação de um projeto teste em escala menor que verificará a viabilidade da solução em larga escala. Este piloto fica sob o crivo da aprovação da gestão responsável.

Uma das ferramentas mais usuais para o planejamento das melhorias é o uso do 5W2H. Ferramenta esta que, pela simples forma de aplicação, e através de uma série de perguntas aplicadas a rotina de execução do processo auxilia na implementação das ações de melhoria e na identificação dos possíveis erros cometidos durante o processo de solução (CHIROLI, 2020). O 5W2H pode ser apresentado pelo seguinte quadro modelo:

Quadro 2: Modelo 5W2H

O que (What)	Quem (Who)	Quando (When)	Onde (Where)	Por que (Why)	Como How	Quanto (How much)

Fonte: Baseado em Coutinho (2011)

A Partir da compressão da ferramenta 5W2H tem-se um escopo detalhado sobre os procedimentos necessários para a aplicação da melhoria. A ferramenta promove-se em descrever o que será realizado, os responsáveis para a realização de tal atividade, os períodos para a realização, o local, as motivações, o modo como será aplicado e os custos inseridos no processo de aplicação (MIRANDA et al, 2019).

2.4.5. Controlar

Por fim, são apresentados o modo e as ferramentas utilizadas para manter o processo dentro das melhorias realizadas, ou seja, evitar que o erro ou outras tipologias de erros apareçam no processo. Assim, é necessário à validação de um sistema de medição e controle que verificará, de modo contínuo, como anda o comportamento do processo e promover garantias para que ele se mantenha dentro dos padrões de controle (BRIZZI; BARBOSA, 2017).

Aqui ferramentas como os gráficos de controle ou mesmo procedimentos padrões e o *Poka-Yoke* (sistema à prova de erros) são utilizados para garantir que o sistema siga as especificações realizadas pelas ações interventivas. Além disso, está etapa se estabelece na indicação de um plano de monitoramento que auxiliará os decisores com relatórios períodos e coleta de dados em tempos específicos (CHIROLI, 2020).

2.5 TESTE DE WILCOXON

Para Komatsu (2017), tem-se o teste de Wilcoxon como um procedimento não paramétrico de dados em pares. Este teste tem como objetivo demonstrar a relação entre duas amostras que foram estabelecidas de uma população que possuem a mesma distribuição. Este teste tem a tendência de mostrar as relações e as influências que essas amostras obtiveram dentro de procedimentos interventivos.

Um das aplicações do teste de Wilcoxon, foi relatado por Dornelas, Machado e Sperling (2009), com relação a uma pesquisa elaborada com *wetlands* (vegetação plantada artificialmente). Para esta pesquisa foi possível, a partir do uso ferramental do teste Wilcoxon, compreender que a *wetland* plantada teve melhores condições para remoção dos efluentes e detritos na área plantada, quando comparado com outra área com vegetação não plantada, o que possível verificar a eficiência do método plantado em comparação ao não plantado.

Desse modo, a comparação entre amostras, principalmente quando está relação tem a necessidade de verificar mudanças ou implementações realizadas por efeito de intervenção humana, é efetiva quando o uso do teste de Wilcoxon.

Assim, o procedimento estatístico se tornou útil para a demonstração da capacidade de aplicabilidade da ferramenta em estudo. Os resultados da aplicação ferramenta, conjuntamente com a avaliação pelo teste de Wilcoxon, estão descritas nos capítulos subsequentes.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo apresentam-se os caminhos percorridos para o alcance dos resultados apresentados subsequentes no referido Trabalho de Conclusão do Curso.

3.1 CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA

A pesquisa é o meio mais usual para compreender, estabelecer, enfrentar e propor mecanismos para resolução de problemas. Indo desde o processo de obtenção de dados, em seqüência de um acompanhamento cronológico assertivo para executar etapas da pesquisa, até a construção de uma apresentação de solução viável, todos os passos culminam na demonstração de uma resolução do objetivo proposto (JUG, 2003).

Assim, a pesquisa pode ser e deve ser classificada em diversas categorias (quando a natureza, quanto o problema, quanto os objetivos, quanto os procedimentos). Tudo isto para auxiliar no processo de construção de resolução do objetivo proposto, sem desrespeitar os ditames impostos pela estruturação científica (JUG, 2003). Desse modo, o presente trabalho de conclusão pode expor as categorias metodológicas utilizadas para a compreensão dos resultados expostos no presente trabalho.

Quanto a natureza, duas categorias podem ser observadas como procedimentos: básica e aplicada. Para este trabalho, a natureza da pesquisa se concretiza em aplicada, já que se fará necessário utilizar práticas e ações reais, direcionadas para compreender e resolver problemas específicos, locais e de interesse para comum para um determinado grupo (MARCONDES et al, 2017).

Quanto a categoria que define o problema de uma pesquisa, aqui se apresenta uma classificação quantitativa. Tem-se esta classificação ao se compreender que haverá coleta e mineração de dados mensuráveis que são capazes de oferecer informação estatística (ESTRELA, 2018; MARCONDES et al., 2017). Como o trabalho que aqui se apresenta tem o objetivo de requerer dados sobre uma área do setor produtivo a ser estabilizado através de avaliação de dados sobre desempenho e mitigação de falhas, caracteriza-se como um problema quantitativa.

Direcionando-se para identificar os objetivos da pesquisa aqui realizada, tem-se a classificação explicativa. Está classificação se apresenta adequada já que o trabalho se mostra como um processo de identificação, registro e análise de um fenômeno específico e observável

e que terá relação com as variáveis encontradas e apresentadas no referido trabalho (ESTRELA, 2018).

Por fim, dentro dos diversos procedimentos utilizados para realizações de pesquisas, o presente trabalho apresenta dois: bibliográfico e estudo de caso. Para o primeiro, tem-se a compreensão de sua indispensabilidade, já que é a partir da compreensão assertiva dos mecanismos científicos expostos, pode trilhar as ações de resolução do problema com maior clarificação dos diversos cenários que podem ocorrer. Em compreensão do estudo de caso, Jung (2003), sustenta que o estudo de caso é uma análise de um fenômeno específico e tratável observado na natureza, para este trabalho, as falhas encontradas no processo de empacotamento.

3.2 OBJETO DE ESTUDO

O objeto de estudo foi uma empresa do gênero alimentício localizada na cidade de Caruaru-PE e o sujeito de estudo foram o supervisor do setor de wafer, as operadoras de embalagem e os funcionários da manutenção que atuam no setor. Os objetos de estudo são os pontos focais da realização de uma pesquisa que tem o estudo de caso com procedimento metodológico, para Vergara (2004), o objeto de estudo será incrementado com uma análise profunda dos problemas que o compõe e das possibilidades de solução do problema.

4 ESTUDO DE CASO

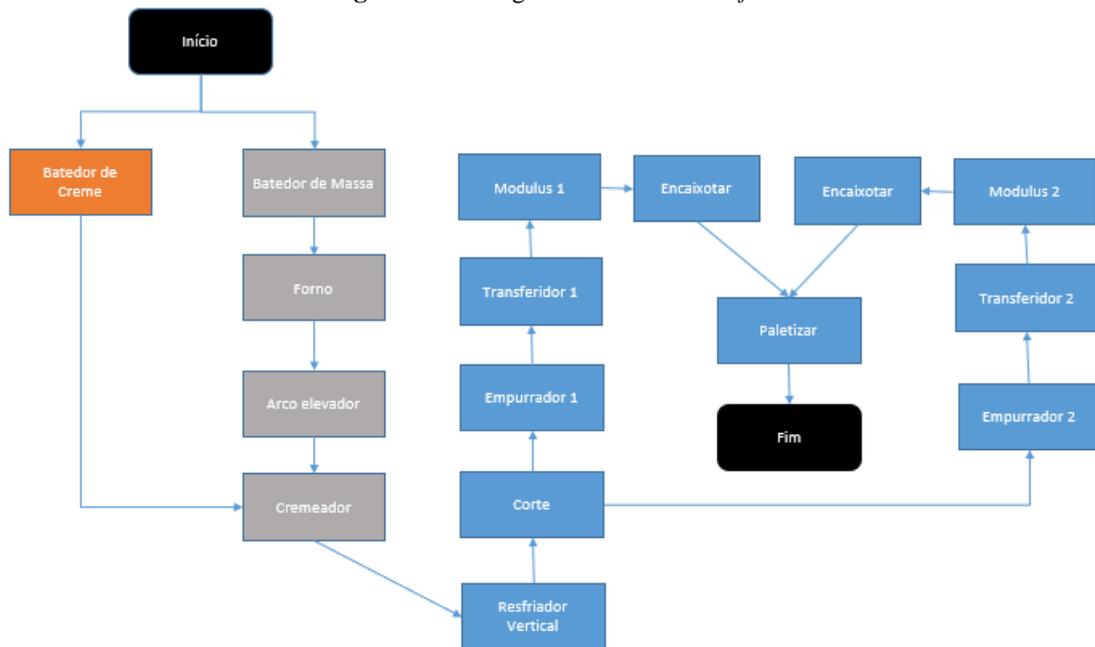
Neste capítulo são apresentados os processos desenvolvidos na aplicação metodológica do DMAIC para a inicialização do processo de mitigação do problema de embalagens.

4.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A atuação da empresa consiste em um *mix* de produtos atendendo a variados tipos de segmentos alimentícios, são eles: massas (curtas e longas), biscoitos (recheados, amanteigados, salgados, populares), cafés, misturas para bolos, *wafers*. Os produtos são distribuídos em 16 linhas de produção que proporcionam um portfólio de mais de 100 produtos.

Nos setores de maior demanda, os colaboradores são distribuídos em até três turnos de trabalho, totalizando 24 horas de produção diárias, os demais colaboradores constituem um turno do tipo Administração Industrial das 8h às 17h. Em relação à logística de distribuição dos produtos, é válido evidenciar que a empresa possui frota própria, garantindo confiabilidade e agilidade na entrega de produtos a seus clientes, tendo mais de 6000 pontos de vendas espalhados pelos estados de Pernambuco; Paraíba; Alagoas; Rio grande do Norte, parte da Bahia, Pará, Goiás, Sergipe, parte do Piauí e Amazonas.

O setor, fruto da aplicação da ferramenta DMAIC, foi o setor de produção de *wafers*, mais especificamente a área de empacotamento desses produtos. O setor divide-se em 16 atividades operacionais, como verificado na figura 5.

Figura 5: Fluxograma da linha *de wafers*

Fonte: autor (2021)

O processo de produção deste setor inicia-se a partir da chegada do produto no ponto de batimento de creme (recheio) e de massa, dos quais são bombeados automaticamente através da tubulação. A massa tem como destino o forno e o recheio têm como destino o 'cremeador'. No forno, a massa é despejada em chapas e essas chapas são pressionadas para formar a placa que será a casquinha do biscoito.

As placas ao saírem do forno passam pelo arco elevador onde sofrem um processo de resfriamento natural perdendo temperatura para o ambiente e seguem para o cremeador que consiste em um reservatório seguido de um rolo onde as placas passam e o recheio é aplicado nas mesmas formando os blocos de biscoito. Para formar um bloco são necessários 1 placa sem recheio na parte superior seguida de 2 placas de recheio, nessa etapa do processo é controlado o peso tanto das placas quanto dos blocos através de uma pesagem realizada a cada 30 minutos.

Em seguida o bloco passa pelo 'rolo prensor', por onde é pressionado para garantir a fixação das placas no bloco e segue para o resfriador vertical sofrendo o processo de congelamento do recheio. Saindo do resfriador vertical o bloco passa pela mesa de corte onde um bloco é sobreposto a outro, formando o que se tornará os biscoitos, sofrendo cortes na direção vertical e horizontal.

Os biscoitos então seguem em uma esteira para o empurrador que empurra uma fila de biscoitos até o transferidor, onde os biscoitos são separados na quantidade estabelecida de acordo com a gramatura desejada na embalagem de cada pacote. Na 'Modulus' os biscoitos são envoltos pelo filme e o mesmo é selado nas pontas e na parte de baixo do pacote para fixá-lo.

Os pacotes são colocados em caixas, que são seladas e em seguidas paletizadas e assim é encerrado o processo de produção.

A linha de *wafers* encontra-se com um problema grave de perda de embalagens. Esse problema pode ser descrito com base nas 7 perdas da produção, dos quais se detalham:

- Diminuição da produtividade;
- Aumento do custo de produção;
- Aumento na geração de reprocesso;

Esses problemas são causados principalmente devido a falhas na selagem dos pacotes nas Modulus. Há momentos em que os pacotes apresentam falsa selagem, ou seja, uma selagem que não atende as especificações de qualidade estabelecidas e possuem uma facilidade alta para abrir, quando é realizado a inspeção visual e manual do produto o defeito é então encontrado. Também ocorre de os mordentes responsáveis por selar os pacotes estarem com temperatura muito alta e queimar os pacotes.

Outro problema recorrente é o biscoito estar com o recheio mole e o mesmo não conseguir ser separados no transferidor, resultando na geração de refugo (pacotes que estão com biscoitos quebrados e/ou quantidade de biscoitos diferente da especificada) e conseqüentemente perda de embalagem e aumento no reprocesso. A consistência do recheio é verificada pela operadora da máquina de embalagem que verifica de forma tátil a consistência.

4.2 COLETA DOS DADOS

Com a identificação do problema relacionado a embalagens e descrito acima, a equipe de implementação da ferramenta DMAIC passou a utilizar as seguintes etapas de monitoramento e coleta de dados:

- Avaliação preliminar para inicialização do processo de implementação do DMAIC – Nesta etapa foi necessário utilizar-se da visualização do processo, com descrição da atuação das máquinas, colaboradores e gestores;
- Monitoramento diário – a coleta de dados, também teve por contribuição o monitoramento diário e o uso de ferramentas como *Excel* e pacotes computacionais para armazenamento e tratamento dos dados;
- Equipe de atuação – outra forma de composição das ações relacionadas a coleta de dados foi a formulação da equipe, compostos por profissionais de

vários pontos do setor, usada para estabelecer a inicialização da aplicação da ferramenta DMAIC.

Tais etapas foram utilizadas para fornecer os passos iniciais para a implementação do processo. Assim, a partir da compreensão mais assertiva do problema em questão, foi possível estabelecer as etapas básicas e iniciais para mitigação do problema. Já a análise dos dados, a partir de ferramentas computacionais, promoveu um processo assertivo de inicialização do programa DMAIC no ponto problema do setor.

4.3 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados das perdas de embalagem que foram coletados na empresa foram inicialmente colocados no software *Excel*, onde foram agrupados nos respectivos dias dos meses antes e após a implementação da metodologia DMAIC.

O software utilizado para realizar os testes estatísticos foi o *R*. Inicialmente foi realizado o teste T de *Student*, porém o conjunto de dados trabalhados não atendia as suposições exigidas pelo teste devido aos dados não seguirem uma distribuição normal. O que pode ser demonstrado através do teste de normalidade de Shapiro que foi realizado pelo software *Past*, a amostra A é a amostra de dados antes da aplicação do DMAIC e podemos ver que a estatística teste de 0,70 encontra-se abaixo do valor estabelecido para o nível de confiança de 95%.

Figura 6: Resultado do Teste de Normalidade de Shapiro

	A	B
N	30	30
Shapiro-Wilk W	0,9756	0,9906
p(normal)	0,7006	0,9937

Fonte: autor (2021)

Com isso, foi realizado o teste de *Wilcoxon* que é considerado uma alternativa ao teste T de *Student* porém podendo ser realizados com dados que não sigam uma distribuição normal e portanto adequado aos dados do problema. Os testes foram calculados rapidamente pelo *R* e os gráficos foram elaborados pelo *Past*.

4.4 APLICIAÇÃO DO DMAIC

Após a coleta preliminar dos dados, deu-se o início da implementação da ferramenta. Com a sequências de passos definidos pelo próprio DMAIC.

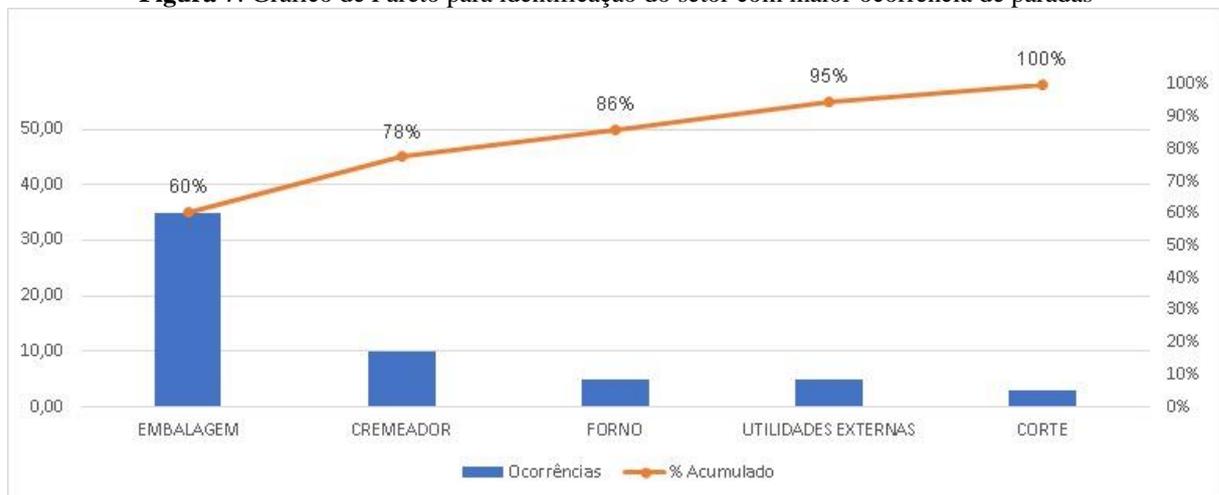
4.4.1 Definição

Nesta etapa foram organizados os procedimentos de definir foi utilizado a ferramenta VOZ DO CLIENTE, pelo foi possível estabelecer que o problema geral, exposto para o setor estava relacionado com os altos índices de perdas de produtos e de embalagens no processo de empacotamento de biscoitos tipo *wafer*. Esta informação foi relatada a partir da identificação em *brainstorm*, conjuntamente com a equipe de gestão, alguns colaboradores da linha de produção e da equipe de manutenção.

4.4.2 Mensuração

Para estabelecer maior compreensão, conjunta com as informações obtidas pela ferramenta VOZ DO CLIENTE, foi observado, também, todas as paradas não programadas do setor produtivo para observar a etapa precursora de parada não programada. A Avaliação foi diária, e durou 30 dias, os resultados foram expostos em um gráfico de Pareto (figura 7) e apresentada a equipe de gestão de iniciação do DMAIC.

Figura 7: Gráfico de Pareto para identificação do setor com maior ocorrência de paradas



Fonte: autor (2021)

Com estas informações, foi possível perceber que 60% das paradas não programadas da produção de biscoitos estavam diretamente ligadas ao setor de embalagens. Com esta informação, utilizou-se da observação do volume de perdas de embalagens (filme) e de produtos (biscoitos) reprocessados. Foram coletadas 30 amostras relacionadas a perda de embalagens por um período de 30 dias.

A tabela 1, fornece um quadro diário para o mês de janeiro, anterior a aplicação do programa DMAIC, sobre a quantidade de perdas relacionadas a embalagem e a produtos em reprocesso. Os custos observados foram: R\$ 5,20 por quilo de reprocesso e R\$ 24,40 por quilo perdido de embalagem.

Tabela 1: Monitoramento das perdas do setor de embalagem antes do DMAIC

DATA	PERDAS DE EMB. (KG)	CUSTOS	PERDAS DE REPROCESSO. (KG)	CUSTOS
01/01/2021	7,2	R\$ 175,68	441,7	R\$ 2.296,84
02/01/2021	9	R\$ 219,60	597,4	R\$ 3.106,48
03/01/2021	6,71	R\$ 163,72	412,35	R\$ 2.144,22
04/01/2021	4,62	R\$ 112,73	359,6	R\$ 1.869,92
05/01/2021	8,55	R\$ 208,62	645,12	R\$ 3.354,62
06/01/2021	3,42	R\$ 83,45	354,12	R\$ 1.841,42
07/01/2021	5,75	R\$ 140,30	467,8	R\$ 2.432,56
08/01/2021	3,53	R\$ 86,16	329,1	R\$ 1.711,32
09/01/2021	8,9	R\$ 217,16	651,4	R\$ 3.387,28
10/01/2021	5,86	R\$ 142,98	437,1	R\$ 2.272,92
11/01/2021	4,45	R\$ 108,58	364,12	R\$ 1.893,42
12/01/2021	0,72	R\$ 17,57	132,9	R\$ 691,08
13/01/2021	4,9	R\$ 119,56	450,2	R\$ 2.341,00
14/01/2021	5,1	R\$ 124,44	467,5	R\$ 2.431,00
15/01/2021	6,3	R\$ 153,72	591,8	R\$ 3.077,36
16/01/2021	7,5	R\$ 183,00	629,1	R\$ 3.271,32
17/01/2021	8,12	R\$ 198,13	641,2	R\$ 3.334,24
18/01/2021	4,58	R\$ 111,75	379,6	R\$ 1.973,92
19/01/2021	5,51	R\$ 134,44	454,7	R\$ 2.364,44
20/01/2021	4,23	R\$ 103,21	321,9	R\$ 1.673,88
21/01/2021	5,43	R\$ 132,49	479,5	R\$ 2.493,40
22/01/2021	4,1	R\$ 100,53	394,7	R\$ 2.052,44
23/01/2021	3,3	R\$ 80,28	311,4	R\$ 1.619,28
24/01/2021	6,5	R\$ 158,60	612,18	R\$ 3.183,34
25/01/2021	7,2	R\$ 176,41	654,7	R\$ 3.404,44
26/01/2021	6,5	R\$ 158,60	521,2	R\$ 2.710,24
27/01/2021	5,48	R\$ 133,71	401,3	R\$ 2.86,76
28/01/2021	6,97	R\$ 170,07	460,12	R\$ 2.392,62
29/01/2021	4,2	R\$ 102,48	383,4	R\$ 1.993,68
30/01/2021	3,9	R\$ 95,16	323,7	R\$ 1.683,24
MÉDIA MENSAL	5,619	R\$ 137,10	452,57	R\$ 2.533,38
TOTAL MENSAL	168,57	R\$ 4.113,11	12.219,46	R\$ 63.541,19

Fonte: autor (2021)

Este monitoramento verificou, para os 30 dias de produção, uma média de 5,62 kg/dia de embalagens perdidas, com custo total mensal de R\$ 4.113,11 e custo médio diário de R\$ 137,10, já em relação ao reprocesso foi possível identificar uma média de 452,57 kg/dia com custo total mensal de R\$63.541,19 e custo médio diário de R\$2.533,38. Como, estas medições são controláveis, pode-se atribuir a coerência com a etapa de medição extraída da ferramenta DMAIC. Foi observado também que o reprocesso era causado devido as perdas da embalagem, já que produto era empacotado de forma inadequada o que desencadeavam paradas não programadas e a necessidade de retorno dos produtos mal embalados para reprocesso.

Assim, dentro da etapa de medição, e com a compreensão das perdas de excesso de processamento e paradas não programadas por problemas relacionadas ao setor de embalagens, e a partir da medição do processo, pode-se definir o problema raiz a ser sanado pela ferramenta DMAIC como: perda de embalagens em excesso.

A partir de então, em novo *brainstorm*, foi estabelecido uma meta real média a ser alcançada de 03 Kg para perdas de embalagens (filme) e 280 Kg de produtos em reprocesso, dentro de um prazo aplicável e viável de 04 meses após as definições das causas-raiz e das atividades de mitigação dessas causas.

4.4.3 Análise

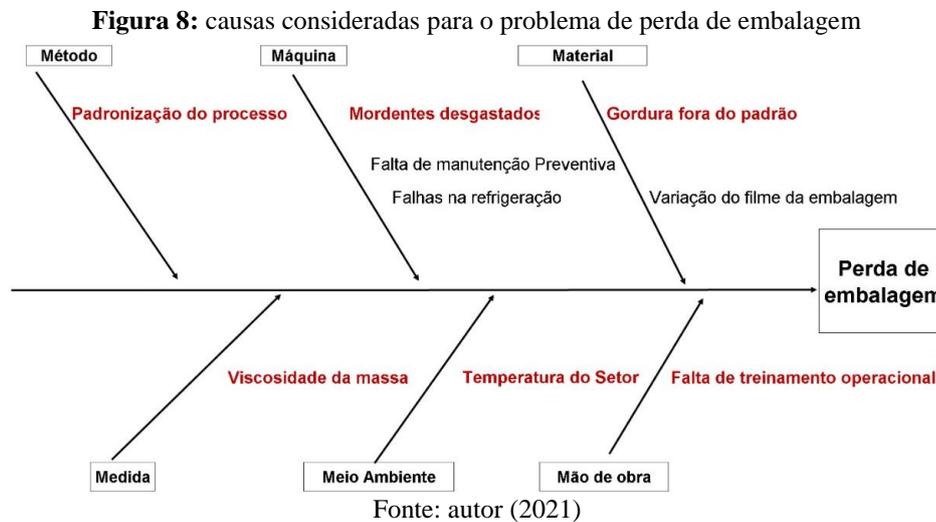
Para esta etapa, levantou-se, em um primeiro momento, diversas possibilidades causais que poderiam incidir no problema raiz. Estas causas estavam norteadas pela compreensão das sete perdas da produção. Assim, com base nas sete perdas produção e dos 6M da Matriz de Causa e Efeito, a gestão organizacional levantou as seguintes possibilidades causais, a partir de análise preliminar:

- Falta de padronização do processo (Método): como a produção trabalhava em escalas de contra turnos, os processos mudavam constantemente os padrões de qualidade desejável; cada equipe de produção estabelecia seus métodos de acompanhamento do processo, o que causava paradas excessivas para adequação constante das medidas necessárias para o processo.
- Mordentes desgastados (Máquina): na etapa de ‘Modulus’, os mordentes desempenham um papel importante no processo de empacotamento, já que são mecanismos utilizados para selar o pacote dos biscoitos. Foi verificado paradas não programadas em intervalos entre 5 a 6 horas, para manutenção desses mordentes;
- Falta de manutenção Preventiva (Máquina): as máquinas rodavam turnos ininterruptos de 24 horas de produção. Verificou-se que não havia um programa de manutenção desses maquinários produtivos. Além disso, o tempo de vida útil dos equipamentos eram desconhecidos;
- Falha na refrigeração (Máquina): logo após a etapa do ‘cremeador’, os biscoitos passam por um refrigerador vertical que, por vezes, desregulam a

temperatura, causando problemas na uniformidade do material e promoviam paradas não programadas, no setor subsequente (embalagem);

- Gordura fora do padrão (Material): a etapa denominada ‘Batedor de creme’ recebe, como uma de suas matérias primas, uma gordura natural que é essencial para o processo. A gordura fornecida não seguia os padrões exigidos pela produção;
- Variação do filme de embalagem (Material): o material de embalagem é disposto em bobinas com peso médio de 14 kg, ao encerrar o filme de uma bobina a mesma deve ser retirada e trocada por uma nova bobina com novo filme. Esse processo de troca acaba gerando ajustes necessários nos parâmetros do equipamento devido a pequenas variações entre as bobinas do filme.
- Viscosidade da massa (Medida): uma das etapas necessárias para a manutenção do padrão de produção é a verificação da viscosidade da massa que deve ter um escoamento no viscosímetro com tempo acima de 28 segundos (s) e abaixo de 30 segundos (s) de viscosidade, foi percebido que ocorria grande variação nessa viscosidade e havia um delongamento na correção do parâmetro para retornar ao padrão. Com alta viscosidade, havia um alto grau de produtos reprocessados devido as placas de wafer saírem com falhas do forno; com baixa viscosidade, gerava produtos leves, o que necessitava de maior incremento de material de recheio, dificultando o congelamento do material e, conseqüentemente, seu empacotamento;
- Temperatura do setor (Meio Ambiente): antes do empacotamento, os biscoitos necessitavam (necessitam) esperar (em média, um minuto) para continuação do processo; para manter o padrão de qualidade dos biscoitos, o local precisa seguir um padrão de refrigeração por aparelhos condicionadores de ar; verificou-se calor excessivo no local, o que prejudicava a manutenção da refrigeração dos biscoitos;
- Falta de treinamento operacional (Mão de obra): verificou-se que os operadores das máquinas de embalagem não tinham conhecimento pleno para manuseio do maquinário e necessitavam esperar pelo setor de manutenção para resolver problemas simples.

Esses itens puderam ser apresentados em um gráfico Espinha de Peixe ou Causa e Efeito (figura 8)



Com os dados em mãos, a equipe passou a ordenar, por nível de criticidade, as possíveis causas relacionadas com a etapa de empacotamento. Em reunião interna e com contribuição de vários setores, gestores e colaboradores diretos e indiretos à etapa de embalagem. Para estes, um *quest* com as diversas possibilidades causais foi desenvolvido e, sequencialmente, solicitados que dessem notas de 01 a 05, para itens de pouca importância (01) até itens de muita importância (05). A figura 9 mostra um quadro geral dos itens e suas notas médias.

Figura 9: *Quest* para avaliação das possíveis causas do problema

CAUSAS QUE PODEM ESTAR PROVOCANDO O PROBLEMA	NOTA DOS PARTICIPANTES						MÉDIA
Padronização do processo	3	4	3	5	4	3	3,67
Mordentes desgastados	5	4	5	5	4	5	4,67
Falta de manutenção Preventiva	2	3	1	2	3	2	2,17
Falhas na refrigeração	2	3	3	3	2	1	2,33
Gordura fora do padrão	3	4	3	2	3	4	3,17
Variação do filme da embalagem	1	2	1	2	2	3	1,83
Viscosidade da massa	3	4	4	5	4	4	4,00
Temperatura do Setor	4	2	3	3	3	3	3,00
Falta de treinamento operacional	4	5	5	4	4	4	4,33

Fonte: autor (2021)

Assim, a partir da avaliação do *quest*, foi possível estabelecer itens considerados de maior importância causal para o problema de perda de embalagens. A ordem dos itens com maior importância causal, foi:

1. Mordentes desgastados;
2. Falta de Treinamento operacional;
3. Viscosidade da massa;
4. Padronização do processo;
5. Gordura fora do padrão;

6. Temperatura do setor;
7. Falha na refrigeração;
8. Falta de manutenção preditiva;
9. Variação do filme de embalagens

Com esta análise, uma nova reunião foi estabelecida e decidiu-se, não somente pela questão dos custos de implementação, mas o fator tempo esperado de resultados, aplicar resolução para as seis primeiras identificações causais dos problemas ordenados pela equipe de atuação e implementação do DMAIC.

4.4.4 Implementação

Após a medição dos dados e a compreensão clara sobre as causas mais pertinentes que influenciavam a boa condução do processo de embalagens, a equipe passou a implementar ações objetivas e mensurais para garantir o alcance da meta proposta na etapa de medição: 03 Kg, como meta aceitável na média diária de perdas de embalagens. Assim, para cada ponto estabelecido como causa principal do gráfico de Causa e Efeito, foi possível estabelecer:

4.4.4.1 Troca de peças de maquinário

Um dos pontos observados que foi indicado como o principal, entre os avaliados, como motivo de ocorrência de paradas não programadas, foi o desgaste das peças de empacotamento denominadas mordentes. Em uma avaliação simples, descobriu-se que as trocas dessas peças não eram realizadas há 10 anos, muito acima da especificação de vida útil da peça que era de 8 anos. A ação mais urgente realizada foi a troca imediata dos mordentes, e a construção de um plano de manutenção quinzenal dessas peças.

4.4.4.2 Treinamento Operacional

Somando-se a falta de padronização, os colaboradores passaram por treinamento e aperfeiçoamento das suas atividades. Com a identificação de que os operadores de máquinas de embalagem tinham um excesso de dependência do setor de manutenção de embalagem, um plano de treinamento foi estabelecido e aplicado.

15 minutos de instrução, em um período de 15 dias, dentro do próprio setor de produção, foi aplicado para estabelecer maior independência entre o colaborador e o setor de manutenção.

Além disso, este treinamento contou com a participação de toda a gestão responsável pelo setor de embalagem e uma cartilha de manuseio foi elaborada para auxiliar no treinamento de novos colaboradores ou auxiliar os colaboradores atuais na resolução de pequenos problemas de máquina.

4.4.4.3 Padronização e monitoramento da viscosidade da massa

Como observou-se um descontrole do processo de manutenção da viscosidade da massa dentro dos padrões de qualidade desejável (28s a 30s). O controle só era realizado no início do ciclo de produção, e não se colocava em conta as mudanças ocorridas na composição da matéria prima (variação da umidade da farinha, uma farinha mais “seca” consome mais água na composição da massa e a inversa também se aplica). A partir disso, como primeira ação de resolução, o controle de viscosidade passou a ser realizado a cada hora, não importando se houve ou não troca do lote de matéria prima.

4.4.4.4 Padronização do processo de produção

Ao se observar que uma das causas-raiz que promoviam parada não programada devida a problemas no empacotamento dos biscoitos estava relacionada a falta de padronização dos processos de medição das atividades diárias da organização, o estabelecimento de uma análise periódica padrão foi promovida pela organização. Assim, etapas de verificação de padrão dos processos passaram a ser executadas a cada hora de ciclo de produção, independente se houve parada ou não. E todas paradas não programadas passaram a ser contabilizadas

4.4.4.5 Troca de fornecimento

A avaliação exposta pela equipe de gestão encontrou problemas restritos ao modo de manuseio da matéria prima. Sob um aspecto decisório gerencial, optou-se pela troca do fornecedor da matéria prima da gordura para o recheio.

4.4.4.6 Plano de monitoria da temperatura do setor

Por fim, um dos problemas avaliados como causador de paradas não programadas do setor de embalagens, foi o excesso de calor no setor que promovia desregulação nos padrões

desejados do produto. Para isto, uma ação corretiva foi aplicada nos equipamentos de aparelhos condicionadores de ar, cinco no total. Um plano preventivo de manutenção foi elaborado: a manutenção e limpeza desses equipamentos passou a ser mensal. Não houve custo adicional pois os profissionais responsáveis pela manutenção já trabalhavam na fábrica, apenas não realizavam a manutenção preventiva.

4.4.5 Controle

Atenta-se que, até a finalização do presente trabalho de conclusão de curso, não houve tempo hábil para a finalização do ciclo de 4 meses especificado para aplicação do processo DMAIC. O projeto teve início no mês de janeiro, porém a troca dos mordentes (causa principal das perdas de embalagem só foi realizada no mês de julho). Obtendo-se assim, apenas resultados preliminares da aplicação da ferramenta. Porém, já decidido em comum acordo gerencial, o controle é realizado por ferramentas avaliativas de grupos aplicadas a cada ciclo (4 meses) de formulação e aplicação da ferramenta DMAIC.

Outro ponto importante, que deve ser pauta para o trabalho aqui realizado, atenta-se ao pouco tempo aplicável e viável para se obter dados e informações mais apuradas, em nível estatístico, sobre a aplicabilidade do processo de implementação do DMAIC. Os resultados discutidos a seguir, portanto, são preliminares.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Dentro do processo de aplicação da ferramenta DMAIC, apenas o primeiro mês, primeiro ciclo foi completado e os resultados obtidos para análise do trabalho aqui apresentado. Assim, em um primeiro momento, as ações impostas como pontos de mitigação para as causas-raiz encontradas dentro do problema foco, obtiveram os seguintes resultados (tabela 2):

Tabela 2: Monitoramento das perdas do setor de embalagem depois do DMAIC

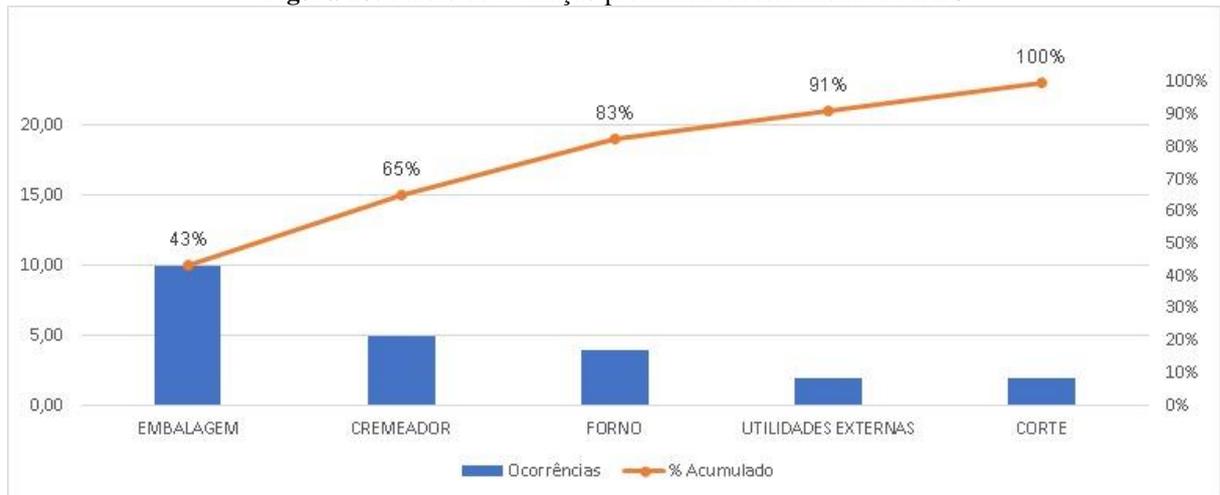
DATA	PERDAS DE EMB. (KG)	CUSTO	PERDAS DE REPROCESSO (KG)	CUSTO
01/07/2021	2,1	R\$ 51,24	229,7	R\$ 1.194,44
02/07/2021	1,5	R\$ 36,60	237,9	R\$ 1.237,08
03/07/2021	2,4	R\$ 58,56	316,2	R\$ 1.644,24
04/07/2021	1,2	R\$ 29,28	400	R\$ 2.080,00
05/07/2021	3,8	R\$ 92,72	196,3	R\$ 1.020,76
06/07/2021	4,6	R\$ 112,24	217,6	R\$ 1.31,52
07/07/2021	3	R\$ 73,20	374	R\$ 1.944,80
08/07/2021	2,8	R\$ 68,32	300	R\$ 1.560,00
09/07/2021	3	R\$ 73,20	463,5	R\$ 2.410,20
10/07/2021	2,5	R\$ 61,00	359,9	R\$ 1.871,48
11/07/2021	3	R\$ 73,20	310	R\$ 1.612,00
12/07/2021	1,96	R\$ 47,82	150	R\$ 780,00
13/07/2021	2,2	R\$ 53,68	200,30	R\$ 1.041,56
14/07/2021	3,05	R\$ 74,42	284,5	R\$ 1.479,40
15/07/2021	3,5	R\$ 85,40	295,7	R\$ 1.537,64
16/07/2021	3,6	R\$ 87,84	286,9	R\$ 1.491,88
17/07/2021	3	R\$ 73,20	292,1	R\$ 1.518,92
18/07/2021	3,8	R\$ 92,72	325,1	R\$ 1.690,52
19/07/2021	3,8	R\$ 92,72	341,4	R\$ 1.775,28
20/07/2021	2,6	R\$ 63,44	223,7	R\$ 1.163,24
21/07/2021	1,9	R\$ 46,36	214,9	R\$ 1.117,48
22/07/2021	3,4	R\$ 82,96	310,5	R\$ 1.614,60
23/07/2021	2,49	R\$ 60,75	292,2	R\$ 1.519,44
24/07/2021	2,71	R\$ 66,12	285,2	R\$ 1.483,04
25/07/2021	2,68	R\$ 65,39	331,5	R\$ 1.723,80
26/07/2021	4,2	R\$ 102,48	214,2	R\$ 1.113,84
27/07/2021	3,1	R\$ 75,64	266,4	R\$ 1.385,28
28/07/2021	2,67	R\$ 65,15	226,9	R\$ 1.179,88
29/07/2021	3,3	R\$ 80,52	273,2	R\$ 1.420,64
30/07/2021	2,54	R\$ 61,98	144,5	R\$ 751,40
MÉDIA MENSAL	2,88	R\$ 70,27	280,76	R\$ 1.459,95
TOTAL MENSAL	86,4	R\$ 2108,16	7.580,50	R\$ 39.418,60

Fonte: autor (2021)

Em uma avaliação preliminar, foi possível observar que para o mês de julho, primeiro mês de implementação das ações de mitigação das causas-raiz relacionadas ao problema foco, os valores de perdas tanto do reprocesso de produto, como de embalagens, sofreram redução significativa. Com relação a redução média de perda de embalagens (tabela 1), houve uma economia de 2,8 Kg na média diária, com redução de R\$ 63,83 (M antes – M depois) na média

diária dos custos com embalagem, já em relação ao reprocesso houve uma economia de 171,81 Kg na média diária, com redução de R\$ 893,43 (M antes – M depois) na média diária dos custos com reprocesso. O gráfico de Pareto fornece, também, uma visualização gráfica sobre os resultados preliminares da redução das paradas não programadas (figura 10).

Figura 10: Pareto de avaliação preliminar da ferramenta DMAIC



Fonte: autor (2021)

Como se percebe, a redução do primeiro mês de aplicação do DMAIC em comparação com mês de janeiro, anterior a inicialização da ferramenta, houve uma redução de 60% para 40% no número de paradas não programadas, e isto se traduziu em economia escalar diária nos custos de perdas de embalagem.

5.1 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Foi possível verificar, a partir de análises estatísticas o comportamento das médias das amostras antes e após a aplicação da ferramenta DMAIC. Assim, a partir do uso de uma análise em teste T *Student*, pode-se verificar os seguintes resultados (Tabela 3):

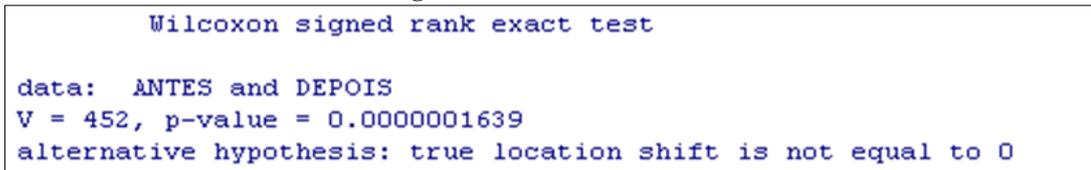
Tabela 3: Resultados estatísticos

	ANTES (A)	DEPOIS (B)
Nº de amostras	30	30
Mínimo	0,72	1,2
Máximo	9	4,2
Total	168,57	86,40
Média	5,62	2,88
Variância	3,55	0,59
Desvio padrão	1,88	0,77
Mediana	5,50	2,90

Fonte: autor (2021)

As estatísticas descritivas dos dois meses analisados são mostradas na figura 11, nela podem ser feitas observações importantes sobre as perdas de embalagem. Após a aplicação do DMAIC houve uma diminuição de 48,75% na média das perdas mensais e 47,27% na mediana. Isso também pode ser comprovado observando o resultado do teste de Wilcoxon.

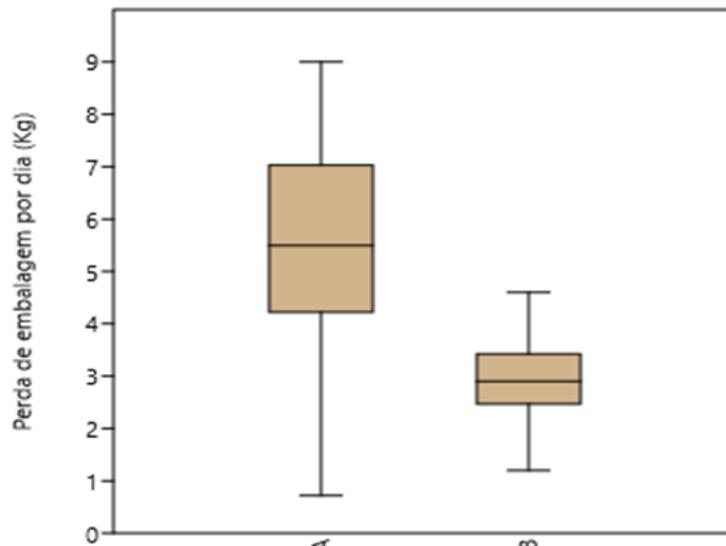
Figura 11: Teste de Wilcoxon



Fonte: autor (2021)

Como se verifica, há rejeição da hipótese nula no teste de Wilcoxon fica provado estatisticamente a diferença entre as médias e medianas dos dados após a implementação do DMAIC. Ou seja, a aplicação da ferramenta trouxe resultados para o processo fabril do setor e isto pode ser verificado nas configurações amostrais da média e da variância, que decresceram. Dos resultados obtidos pela aplicação do DMAIC, foi possível visualizar, também, de forma gráfica com o auxílio do gráfico de *BOXPLOT* (figura 12).

Figura 12: variação das perdas de embalagens por dia em gráfico *BOXPLOT*



Fonte: autor (2021)

É possível verificar, a partir da simples observação do gráfico, uma redução da amplitude relacionada as perdas de embalagens. Desse ponto, mesmo com a compreensão de que são dados preliminares, tem-se a realidade clara de que o processo de implementação do DMAIC já tomou bases positivas. Há título de fomentação de resultado, tomando-se em conta esse nível de economia, em um período de 4 meses (que tem em média 122 dias), a economia com perdas de reprocesso e embalagem seria de R\$ 9.650,20 e R\$ 8.564,4, respectivamente.

Porém, é importante salientar, que devido aos resultados serem preliminares, não é possível obter as seguintes conclusões: 1) qual das ações mitigadoras implementadas tiveram maior influência nos resultados; 2) se há seguridade na manutenção dos resultados obtidos; 3) avaliação assertiva sobre a efetividade da implementação das ações; 3) quais atividades complementares serão necessárias para assegurar a manutenção das economias obtidas.

6. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi utilizado o método DMAIC por meio da aplicação de várias ferramentas da qualidade, para solucionar problemas de perdas de embalagem no setor de *Wafer*. As perdas foram resultantes de um conjunto de fatores que se relacionam e contribuem de maneira significativa para um alto índice de perdas de embalagens, bem como de reprocesso e um crescimento nas paradas de linha não programadas.

Foi proporcionado pelo seguinte trabalho uma compreensão prática sobre as adversidades encontradas no dia a dia de uma indústria pelo profissional de engenharia de produção visando a produção de um imenso volume de produção porém com o mínimo de perdas possíveis.

Em relação aos objetivos, foi observado o cumprimento deles no trabalho, especialmente obtendo uma solução para o problema encontrado inicialmente.

Durante o período estudado foi alterado o procedimento operacional padrão (POP) da preparação de massa bem como a da operação das 'Modulus', contudo não foi permitido a divulgação dos mesmos. Outro limitante foi a necessidade de realizar o estudo em apenas um dos turnos de produção da empresa, devido à presença do autor no mesmo.

Para trabalhos futuros recomenda-se abranger o estudo entre os três turnos de produção tendo assim uma maior robustez nos dados analisados e na eficácia do método implementado. Outro fator que pode ser analisado é o impacto da redução das perdas no volume de produção da linha de *wafers*.

REFERÊNCIAS

- BRIZZI, Gabriel Agra; BARBOSA, Danilo Hisano. Projeto Lean Seis Sigma para Redução dos Custos das Unidades Operacionais de uma Cooperativa Agroindustrial. **Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP**, v. 12, n. 1, 2017.
- CABRAL, Artur José Conceição et al. Proposta de aplicação da metodologia DMAIC e pensamentos sistêmicos para melhoria contínua em uma empresa de envase de água mineral do interior de goiás: um estudo de caso. **Revista GeTeC**, v. 8, n. 21, 2019.
- CHIROLI, Daiane et al. Proposta de melhoria baseada na metodologia DMAIC em uma unidade de pronto atendimento de saúde. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 1, p. 0029-0035, 2020.
- COSTA, Frank Mendonça et al. **A metodologia Seis Sigma no processo de confeitaria**. 2019.
- DONADEL, D. C. **Aplicação da Metodologia DMAIC para Redução de Refugos em uma Indústria de Embalagens**. 2008. 122 f. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008
- DORNELAS, F. L.; MACHADO, M. B.; SPERLING, M. Performance evaluation of planted and unplanted subsurface-flow constructed wetlands for the post-treatment of UASB reactor effluents. *Water science and technology: a journal of International Association on Water Pollution Research*. 60 (12): p. 3025-33. 2009.
- ESTRELA, Carlos. **Metodologia científica: ciência, ensino, pesquisa**. Artes Médicas, 2018.
- JARDIM, Francisco Sérgio Ferreira. Desperdício de alimentos: mal a ser combatido. **AgroANALYSIS**, v. 38, n. 8, p. 47-47, 2018.
- JUNG, Carlos Fernando; ENG, M. Metodologia científica. **Ênfase em pesquisa tecnológica**, v. 3, n. 41, p. 41, 2003.
- KOMATSU, André Vilela. Comparação dos poderes dos testes t de student e Man-Whitney Wilcoxon pelo método de Monte Carlo. **Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto**, v. 6, 2017.
- LEÃO, Clarissa Viana; CÂMARA, Herbert Barros. **Análise da adequação dos rótulos de biscoitos quanto à legislação brasileira de rotulagem para alimentos alergênicos**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Nutrição da Faculdade Pernambucana de Saúde, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Nutricionista. 2019, 19 f.
- LIMA, Andressa Barreto; GALDAMEZ, Edwin Vladimir Cardoza. Aplicação da metodologia DMAIC para elaboração de um plano de manutenção em uma indústria moageira de trigo. **Trabalhos de Conclusão de Curso do DEP**, v. 13, n. 1, 2018.
- LOBO, Renato Nogueirol. **Gestão da qualidade**. Saraiva Educação SA, 2019.

MARCONDES, Reynaldo Cavalheiro et al. Metodologia para trabalhos práticos e aplicados. **São Paulo: Editora Mackenzil**, 2017.

MARTINS, Welington; OLIVO, Andreia Menezes. Aplicação da Metodologia DMAIC para Aumento de Produtividade Industrial. **In: ColloquiumExactarum**. ISSN: 2178-8332. p. 17-23. 2016.

MARTINS, Giliane. Análise das perdas e desperdícios no setor de desossa de um frigorífico de aves. **Biblioteca Digital de TCC-UniAmérica**, p. 1-56, 2018.

MIRANDA, Yuri Silva et al. Plano de controle SEIS SIGMA: redução de desperdício em uma empresa de engarrafamento de água. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 5, n. 2, p. 94-111, 2019.

MOURA, Fernanda Marques; FACIN, Ana Lúcia Figueiredo; SCHLEDER, Adriana Miralles. Diagnóstico e Proposta de diretrizes na aplicação do método DMAIC para melhoria das dimensões do Planejamento e Controle da Produção. **Produto&Produção**, v. 21, n. 2, 2020.

NICO, Willian Almeida et al. Programa de melhoria baseado na metodologia LEAN SEIS SIGMA: uma proposta em um processo produtivo de chapas de granito. **BrazilianJournalofProductionEngineering-BJPE**, p. 31-49, 2018.

OLIVEIRA, Otávio J. **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. Cengage Learning, 2020.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. **The six sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance**. New York: McGrawHill, 2000.

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

PINHO, Flávio Costa et al. Proposta de melhoria da qualidade com a implantação da metodologia Seis Sigma. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. e5969108445-e5969108445, 2020.

RIOS, L. V. **Um modelo de referência para melhoria de processos industriais usando conceitos SEIS SIGMA**. Dissertação Mestrado em Engenharia Mecânica, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica. Florianópolis, SC, UFSC, 2006

SILVA, Luana Carla; OLIVEIRA, Maria Celia; SILVA, Fernando Aparecido. Implementação da metodologia Seis Sigma para melhoria de processos utilizando o ciclo DMAIC: um estudo de caso em uma indústria automotiva. **Exacta**, v. 15, n. 2, p. 222-232, 2017.

SILVA, Lukas Paiva et al. Process efficiency improvement through DMAIC method: action research in a chocolate factory. **Journalof Lean Systems**, v. 6, n. 3, p. 110-131, 2021.

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

SOLIMAN, Marlon; SAURIN, Tarcisio Abreu; WERLE, Natália Basso. Identifying opportunities for improvement in hospital discharge process of maternity patient through lean healthcare. **Revista Ingeniería Industrial**, v. 16, n. 1, 2017.

SOUZA, Rafael Santos et al. Aplicação do DMAIC e Análise de Falhas de Embalagens Metálicas na Indústria de Conservas. **Revista Gestão da Produção Operações e Sistemas**, v. 12, n. 4, p. 273, 2017.

SOUZA, Bruno Carvalho et al. Implantação do programa 5S através da metodologia DMAIC. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 5, p. 2163-2179, 2018.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2004.

ZIEGLER, Cristiano et al. Identificação de Perdas por Meio do Sistema Toyota de Produção: Um Estudo de Caso em um Apiário. **Revista FSA**, v. 17, n. 1, 2020.