



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

GIULIA WANDERLEY SOUZA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA SELAGEM DE EMBALAGENS PARA UMA
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

Recife

2024

GIULIA WANDERLEY SOUZA

**AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA SELAGEM DE EMBALAGENS PARA UMA
INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA**

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

Orientador (a): Andrelina Maria Pinheiro Santos

Recife

2024

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

Souza, Giulia Wanderley.

Avaliação do Desempenho da Selagem de Embalagens para uma Indústria Alimentícia / Giulia Wanderley Souza. - Recife, 2024.

44 : il., tab.

Orientador(a): Andrelina Maria Pinheiro Santos

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

1. Selagem. 2. Embalagem. 3. Planejamento fatorial. 4. Massas alimentícias.
I. Santos, Andrelina Maria Pinheiro. (Orientação). II. Título.

670 CDD (22.ed.)

GIULIA WANDERLEY SOUZA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DA SELAGEM DE EMBALAGENS PARA UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

TCC apresentado ao Curso de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia Química, como requisito para a obtenção do título de bacharel em Engenharia de Alimentos.

Aprovado em: 18/09/2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **ANDRELINA MARIA PINHEIRO SANTOS**
Data: 30/09/2024 15:07:51-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Dra. Andrelina Maria Pinheiro Santos
Universidade Federal de Pernambuco

Prof^o. Dr. Anderson Campos Bezerra
Universidade Federal de Pernambuco

Documento assinado digitalmente
 **SAMARA ALVACHIAN CARDOSO ANDRADE**
Data: 30/09/2024 17:20:06-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^o. Dra. Samara Alvachian
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, expresso minha profunda gratidão aos meus pais, cujo suporte incondicional ao longo de toda a minha graduação permitiu que eu priorizasse meus estudos acima de tudo. Ao meu irmão, por sua compreensão e apoio nas dificuldades, e à minha cunhada, por sempre estar disponível para me ouvir e oferecer suporte. Vocês foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Aos meus amigos de curso, Ana Beatriz, Ana Maria, Peterson e Rayanne, que compartilharam muitos momentos comigo desde o início dessa jornada, trazendo alegria e força, e tornando o percurso mais leve e prazeroso.

Às minhas amigas de vida, Ana Carolina, Bruna e Lorena, que, mesmo à distância, foram confidentes dos meus desafios, acreditaram em mim e me incentivaram em cada etapa. Vocês são inspiração e exemplos de mulheres que desejo ter sempre ao meu lado.

Agradeço também aos meus colegas e gestores da minha primeira experiência profissional na área, por compartilhar o dia a dia e por todos os aprendizados transmitidos. A profissional que sou hoje deve muito a vocês.

A todos que compartilharam a vida comigo nesta reta final de curso e escrita deste TCC, que me lembraram, cobraram e não me deixaram desanimar, minha sincera gratidão. Esta conquista é fruto também de todo o amor e apoio que recebi.

Por fim, à Universidade Federal de Pernambuco, pela educação e oportunidades que me foram proporcionadas ao longo da graduação. E, sobretudo, à minha orientadora, que não apenas desempenhou seu papel de orientação com maestria, mas foi uma presença humana e compreensiva, acreditando em meu potencial desde o início. Seus ensinamentos, transmitidos em diversas disciplinas, e sua excelência como profissional e educadora deixarão um impacto duradouro em minha trajetória.

RESUMO

Este trabalho busca identificar causas para falhas na selagem de embalagens de massas alimentícias com o objetivo de propor soluções eficazes para melhorar a qualidade e eficiência do processo de embalagem. A indústria brasileira de derivados de trigo, incluindo o mercado de massas, registrou crescimento significativo mesmo durante a pandemia, impulsionado pela demanda por produtos práticos e saudáveis. As embalagens flexíveis multicamadas, laminadas ou coextrusadas também já estiveram em ascensão, sendo o papel principal da embalagem garantir a preservação dos alimentos e facilitar o transporte e manuseio dos alimentos. Porém, embora a automação do processo de embalagem seja eficiente, ainda existem desafios, especialmente quando se trata de vedar embalagens de plástico flexível. Primeiramente, analisamos o princípio de funcionamento das máquinas de embalagem, destacando a importância da soldagem térmica e parâmetros importantes como temperatura, pressão e tempo. Além disso, utilizamos técnicas analíticas para avaliar o impacto operacional e identificar possíveis fontes de falhas. Utilizamos ferramentas de controle de qualidade como ciclo PDCA, *brainstorming*, 5W2H e matriz SWOT para identificar e analisar defeitos de selagem e propor soluções. A metodologia incluiu análise cuidadosa em locais problemáticos, aplicação de ferramentas PDCA e proposta de projeto experimental parcial para avaliar variáveis que afetam a selagem. Realizamos um estudo de caso e estruturamos o ciclo PDCA em quatro fases: planejar, executar, revisar e ações corretivas. Os benefícios esperados incluem a redução de falhas de selagem, melhoria da qualidade e segurança do produto, otimização de recursos e redução de custos.

Palavras-chave: selagem; embalagem; planejamento fatorial; massas alimentícias

ABSTRACT

This work seeks to identify causes for failures in sealing pasta packaging with the aim of proposing effective solutions to improve the quality and efficiency of the packaging process. The Brazilian wheat derivatives industry, including the pasta market, recorded significant growth even during the pandemic, driven by demand for practical and healthy products. Multilayer, laminated or co-extruded flexible packaging has also been on the rise, with the main role of packaging being to ensure food preservation and facilitate food transport and handling. However, although automation of the packaging process is efficient, challenges still exist, especially when it comes to sealing flexible plastic packaging. First, we analyze the operating principle of packaging machines, highlighting the importance of thermal welding and important parameters such as temperature, pressure and time. Additionally, we use analytical techniques to assess the operational impact and identify possible sources of failure. We use quality control tools such as PDCA cycle, brainstorming, 5W2H and SWOT matrix to identify and analyze sealing defects and propose solutions. The methodology included careful analysis of problematic locations, application of PDCA tools and partial experimental design proposal to evaluate variables that affect sealing. We carried out a case study and structured the PDCA cycle into four phases: plan, execute, review and corrective actions. Expected benefits include reducing sealing failures, improving product quality and safety, optimizing resources and reducing costs.

Keywords: sealing; packaging; factorial planning; pasta.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas do ciclo PDCA

Figura 2 – Fluxograma do processo de fabricação de macarrão

Figura 3 – Fluxograma de embalagem de macarrão

Figura 4 – Exemplo de máquina empacotadora horizontal

Figura 5 – Exemplos de mordentes com faca acoplada

Figura 6 – Esquema de abertura e fechamento do mordente durante a selagem

Figura 7 – Ishikawa para embalagem com defeitos na selagem

Figura 8 – Matriz SWOT

Figura 9 – Equipamento detector de vazamento para realização do teste de imersão

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela de níveis

Tabela 2 – Matriz de planejamento fracionário 2^{4-1}

Tabela 3 – Distribuição dos ensaios por dia

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1	Mercado da indústria de massa alimentícia.....	14
2.2	O macarrão e suas classificações	14
2.3	Embalagens	15
2.3.1	<i>Embalagem e sua importância</i>	<i>15</i>
2.3.2	<i>Embalagens flexíveis.....</i>	<i>16</i>
2.3.3	<i>Mercado de embalagens flexíveis</i>	<i>16</i>
2.3.4	<i>Propriedades mecânicas e de barreiras</i>	<i>17</i>
2.3.5	<i>Matéria-prima.....</i>	<i>18</i>
2.4	Método e ferramentas de gestão	19
2.4.1	<i>PDCA.....</i>	<i>19</i>
2.4.2	<i>Brainstorm</i>	<i>21</i>
2.4.3	<i>5W2H.....</i>	<i>21</i>
2.4.4	<i>SWOT.....</i>	<i>22</i>
2.5	Planejamento experimental.....	22
3	OBJETIVOS.....	24
3.1	Objetivo geral	24
3.2	Objetivos específicos	24
4	METODOLOGIA	25
4.1	O processo de fabricação.....	25
4.2	Fluxograma do processo de embalagem.....	26
4.2.1	<i>Princípio de funcionamento da máquina de embalagem.....</i>	<i>27</i>
4.3	Termossoldagem.....	28
4.3.1	<i>Influência da eficiência nas perdas.....</i>	<i>28</i>

4.4	Descrição da máquina embaladora	31
4.5	PDCA	31
4.5.1	<i>Plan (Planejar).....</i>	31
4.5.2	<i>Do (Fazer).....</i>	35
4.5.3	<i>Check (Checar).....</i>	37
4.5.4	<i>Act (Agir).....</i>	37
5	RESULTADOS ESPERADOS	38
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	39

1 INTRODUÇÃO

As indústrias de derivados de trigo no Brasil vinham apresentando elevado crescimento no mercado, considerando o período pré-pandemia, e mantiveram-se muito bem durante a pandemia. Pode-se inferir que este crescimento se deu devido à diversidade de produtos e a crescente preocupação em produzir alimentos cada vez mais saudáveis, em conjunto com a elevação da busca, por parte da população, por alimentos que ofereçam praticidade de consumo. Com a inconstância do auxílio-emergencial, o mercado do setor de biscoitos, massas, pães e bolos industrializados também oscila; depois de uma boa elevação em 2020 (após concessão do auxílio), a previsão foi de encerrar o ano de 2022 em torno de uma elevação de apenas 1%, mas ainda assim, com crescimento (ABIMAPI, 2022).

Levando em consideração a relação direta entre nutrição específica e saúde, a fabricação de produtos alimentícios de alta qualidade desempenha um papel crucial na garantia do nível de vida necessário para a população global. Portanto, é imperativo que as empresas se esforcem continuamente para garantir que seus processos de produção sejam orientados para a fabricação de produtos de alta qualidade. Este esforço não é apenas um objetivo estratégico para o desenvolvimento empresarial, mas também uma responsabilidade social das empresas (DUDIN *et al.*, 2014).

Na época atual, as embalagens flexíveis multicamadas, laminadas ou coextrudadas estão em ampla ascensão, especialmente para o acondicionamento de alimentos, devido à sua capacidade de combinar diversas propriedades em um único material. Esses materiais oferecem boa processabilidade em máquinas, baixo custo, e funcionam como barreiras eficientes contra gases, vapor de água e compostos orgânicos. Tais características tornam essas embalagens ideais para produtos alimentícios secos, como o macarrão (NOGUEIRA *et al.*, 2009).

A máquina embaladora é composta por diversos parâmetros, os quais devem ser controlados e podem ser modificados a fim de se obter um melhor desempenho. Porém, para seu funcionamento adequado, o macarrão a ser embalado deve atender aos padrões de qualidade pré-estabelecidos pelas normas e pela empresa; como por exemplo, comprimento do filete e umidade. Segundo Ghinato (1995), a automação interfere diretamente em 3 tipos de perda na produção: a perda por superprodução; perda por espera e perda por fabricação de produtos defeituosos. Além de também eliminar as perdas secundárias que poderiam vir a surgir a partir destas.

Em se tratar da perda por fabricação de produtos defeituosos, a automação consegue interromper o processo ao detectar qualquer sinal de anormalidade (GHINATO, 1995). Um exemplo disso, que ocorre constantemente, é a falha na selagem do pacote de macarrão, ocasionando um grande número de paradas. Além disso, algumas falhas não são capazes de ser identificadas pela máquina, podendo passar despercebidas, chegando à mesa do consumidor. Outro caso que também pode ser citado, são pequenas falhas, que não comprometem a integridade do produto, mas fragilizam sua proteção, deixando-o mais suscetíveis a serem expostos ao ambiente. Estas duas últimas são falhas que necessitam do olhar do operador para serem detectadas, e que muitas vezes, tanto pela quantidade de pacotes produzidos por minuto (velocidade de produção), tanto pelo número de atividades a serem desenvolvidas pelo operador ao mesmo tempo, passam despercebidas, e dessa forma, a fabricante só tomará conhecimento quando receber a reclamação do consumidor através do SAC (Serviço de Atendimento ao Consumidor) ou por reclamações vindas de outros tipos de *stakeholders*, como clientes diretos que compram para revenda (CORRÊA, 2019).

Considerando as exigências do consumidor, a insatisfação causada devido às problemáticas existentes e a conseqüente reputação da empresa que pode vir a ser impactada; assim como a importância da integridade da embalagem e do produto para garantir a qualidade e segurança do produto ofertado, a empresa deve identificar as causas e prevenir a reincidência de defeitos nas embalagens. Para garantir que o consumidor encontre um produto adequado, com menor custo e no momento certo, as empresas precisam resolver os problemas que venham a aparecer com rapidez e de forma eficaz, e para isso utilizam técnicas focadas em prevenção com o objetivo de garantir a qualidade. A utilização do método PDCA (Planejar, Fazer, Verificar, Agir) e outras ferramentas de qualidade é uma abordagem amplamente adotada na gestão da qualidade e dos processos, visando a melhoria contínua. Quando aplicada de forma eficiente, essa metodologia pode trazer benefícios significativos para o negócio (DE OLIVEIRA; SILVA; BRANDÃO, 2022).

A proposta deste estudo é aplicar ferramentas da qualidade para identificar causas e propor ações corretivas com o objetivo de solucionar falhas observadas na etapa de selagem de embalagens plásticas flexíveis durante o empacotamento de macarrão.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Mercado da indústria de massa alimentícia

No Brasil, a produção de massas alimentícias é regulamentada pelo Decreto nº 45588, que remonta a 1964, publicada em Diário do Governo n.º 53/1964 (Série I) de 03-03-1964. Neste documento, tem-se a definição de massas alimentícias como produtos secos não fermentados, feitos a partir de sêmolas de trigo *T. durum* ou rijo de grão claro, e água potável. Estes ingredientes são prensados e posteriormente secos, podendo ser adicionados ou não de outras substâncias legalmente autorizadas. Esta definição é válida e aplicável em vários países (BRASIL, 1964).

Nesse decreto, a indústria encontra orientações para embasar suas decisões em relação aos aspectos mais importantes da produção de massas alimentícias, abrangendo a seleção das matérias-primas, como sêmolas ou farinhas, até o desenvolvimento de produtos diferenciados e sua comercialização. E, juntamente a isso, o setor produtivo de massas alimentícias faz parte de uma indústria altamente sofisticada, que faz uso de tecnologias avançadas para otimizar a eficiência na produção e garantir a qualidade dos produtos (TECNOALIMENTAR, 2022).

Isso se deve em grande parte aos profissionais que atuam nesse segmento, que possuem conhecimentos em engenharia voltados para o processo produtivo. A fase de secagem, em particular, desempenha um papel crucial na garantia da qualidade do produto final. Além disso, há um domínio das ferramentas da qualidade para assegurar que todas as etapas, assim como o eficiente acondicionamento (embalagem) na parte final, sejam realizadas de forma eficaz, evitando interrupções na produção e desperdício de produtos (BARBOSA; ALVES, 2022).

2.2 O macarrão e suas classificações

O Macarrão é um dos alimentos mais tradicionais e que traz praticidade para as refeições. De origem chinesa e difundido na sociedade brasileira pelos italianos no século 19, essa massa é conhecida em diversos formatos e composições. Apesar de constituído, majoritariamente, por farinha de trigo e água, o tipo de farinha, o modo de produção, alguns ingredientes, dentre outras coisas, podem diferenciá-lo, sendo alguns de seus tipos (ABIMAPI, 2020):

- a) Macarrão de Sêmola: produzido com farinha de trigo especial, de cor mais clara, denominada tipo 1;
- b) Macarrão com Ovos: farinha, água e ovo;

- c) Massas secas: produzidas com farinha de trigo e água, passam por um processo de secagem, permitindo um maior tempo de prateleira;
- d) Massas instantâneas: pré-cozidas durante o processo de fabricação, podem ser preparadas em poucos minutos;
- e) Massas frescas: diferente das massas secas, passam apenas por um processo parcial de secagem, sendo comercializadas sob refrigeração;
- f) Macarrão grano duro: feito com trigo denominado trigo durum, resultando numa massa mais solta e al dente após o cozimento;
- g) Macarrão integral: produzido com farinha de trigo integral, aumentando o teor de fibras em sua composição.

Já segundo o formato, o macarrão pode ser classificado em:

- a) Massa comprida ou longa: tipo espaguete, talharim, ninho e outras;
- b) Massa curta ou cortadas: tipo ave-maria, concha, chumbinho, alfabeto e outras.

2.3 Embalagens

Segundo a Resolução Nº 259, DE 20 DE SETEMBRO DE 2002, embalagem é o recipiente ou pacote destinado a garantir a conservação e facilitar o transporte e manuseio dos alimentos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2002). Porém, com o crescente avanço tecnológico, a embalagem adquiriu outras diversas atribuições; não deixando de ter a proteção como principal fator e sendo também vitrine do produto comercializado, bastante explorada pelo *marketing* (TECNOALIMENTAR, 2022).

A proteção do conteúdo do produto; o resguardo contra os ataques ambientais; a asseguração ou até favorecimento dos meios de conservação; melhoramento da apresentação; possibilidade de observação do produto e favorecimento do acesso ao mesmo; assim como facilitação do transporte e educação do consumidor, são funções das embalagens (EVANGELISTA, 2003) e estas são empregadas de acordo com as características e especificações de cada produto.

2.3.1 Embalagem e sua importância

A embalagem não tem a função de melhorar a qualidade intrínseca do produto, mas deve prevenir alterações sensoriais, como mudanças no sabor, textura e aroma, além de evitar a deterioração física, química e microbiológica. Dependendo do tipo de embalagem utilizada, ela pode influenciar diretamente na extensão do tempo de

prateleira do produto, contribuindo para sua preservação e estabilidade ao longo do tempo (SOUSA *et al.*, 2013).

Além de sua função tradicional de proteção, a embalagem é também considerada um vendedor silencioso (SOUSA *et al.*, 2013), transmitindo mensagens importantes ao consumidor, agregando valor ao produto e destacando-o em meio aos concorrentes. Portanto, a embalagem e a qualidade não devem ser vistas apenas como fatores de proteção e segurança do alimento, mas também como elementos decisivos no processo de compra e potencialização das vendas. Atuando como uma forma de comunicação e expressão visual, a atratividade estética da embalagem desempenha um papel crucial na captação de atenção e na diferenciação de produtos no mercado (REIS, 2014).

2.3.2 Embalagens flexíveis

As embalagens flexíveis são compostas por filmes plásticos finos e flexíveis, sendo praticamente moldada a depender da forma física do produto embalado. Possuem características de selagem por pressão fria ou quente, destacando-se pela relação entre a quantidade de embalagem e a quantidade de produto acondicionado (JORGE, 2013).

Pode-se classificar as embalagens plásticas flexíveis em duas categorias: filmes monocamadas - embalagens constituídas de um só tipo de material impresso ou por matrizes poliméricas compatíveis e multicamadas - constituídas por dois ou mais tipos de materiais a fim de aproveitar as características destaques de cada um (TORRENS *et al.*, 2022).

2.3.3 Mercado de embalagens flexíveis

Em relação ao primeiro semestre do ano de 2023, a indústria brasileira de embalagens plásticas flexíveis apresentou um crescimento de 4,3% em comparação a 2022; rendendo também um crescimento de 6% do consumo aparente no mesmo período. Esse crescimento aponta, no décimo período de 2022, uma produção de 1.070 mil toneladas e um consumo de 1.041 toneladas. O PEBD (polietileno de baixa densidade) e o PEBDL (polietileno linear de baixa densidade) lideraram, representando 77% do total, seguidos pelo PP (polipropileno) com 16% e pelo PEAD (polietileno de alta densidade) com 7% (ABIEF, 2023).

Dos tipos citados acima, o PEBD é o mais utilizado para embalagens de alimentos, mas pode, também, ser encontrado em sacolas de supermercados, assim

como o PEBDL, que é encontrado como filmes e sacos, além de ser utilizado para produção de tampas de garrafas PET, caixas de água e até tanques de combustível para automóveis. Já o PEAD é amplamente utilizado na fabricação de frascos rígidos para produtos de limpeza, cosméticos e suplementos, além de tubos para transporte de água e esgoto, galões e telhas (MEDEIROS, 2019).

A indústria de alimentos corresponde a uma quota de mercado de 41% dos filmes produzidos no Brasil que se destinam à produção de embalagens, ficando à frente do varejo (17%), da agropecuária (13%) e bebidas (12%). Já em relação às exportações, a expectativa é que a demanda brasileira de embalagens plásticas flexíveis cresça, como vem sendo mostrado nos últimos anos. Nos primeiros seis meses de 2023, apresentou uma alta de 3,8% em comparação ao último semestre de 2022, e diariamente vê-se o nascimento de embalagens flexíveis novas e outras, anteriormente existentes, sendo redesenhadas e substituídas por soluções com filmes plásticos (ABIEF, 2023).

As tendências do varejo impactam fortemente no desenvolvimento das embalagens e por ser um setor em constante evolução, determina não apenas novos modelos de embalagens, mas também impactam no desenvolvimento delas (ABIEF, 2024).

2.3.4 *Propriedades mecânicas e de barreiras*

As propriedades mecânicas estão ligadas ao desempenho mecânico dos materiais de embalagem durante a utilização em equipamentos de conversão, nos processos de acondicionamento e diante das várias demandas dos ambientes de armazenamento e distribuição. Pode-se citar como exemplo de propriedade mecânicas importantes: as propriedades de tração, a resistência à delaminação, ao rasgamento, ao impacto e a resistência da termossoldagem à tração (MOURA, 2006).

A propriedade de barreira pode ser entendida como sendo a capacidade de uma embalagem de resistir à passagem de luz, à evaporação ou à absorção de gases e vapores, assim como à permeação de componentes como gorduras; e está intimamente relacionada com a estabilidade química, física, sensorial, microbiológica e biológica do produto (SARANTOPOULOS *et al.*, 2017). Esta propriedade pode ser medida de forma padrão, como, por exemplo, a taxa de permeabilidade ao vapor de água, que é definida como a quantidade de vapor que passa através de uma unidade de área superficial do material de embalagem por unidade de tempo, sob as condições

de teste (temperatura, gradiente de pressão e umidade relativa determinadas) (JORGE, 2013).

Há dois processos que possibilitam a passagem de gases e vapores através de filmes de embalagens plásticas: pelo fluxo através de uma abertura, por menor que seja, no material, como microporos, microfuros e fissuras, pelos quais gases e vapores fluem livremente (SARANTOPOULOS *et al.*, 2017) e por permeação ou efeito solubilização-difusão, no qual os gases e os vapores se dissolvem no polímero em uma superfície, difundindo-se devido à um gradiente de concentração. A proteção dos alimentos contra essa troca de gás e vapor com o meio ambiente depende da integridade dos pacotes e da permeabilidade dos materiais de embalagem utilizados (RADAELLI, 2017).

2.3.5 *Matéria-prima*

2.3.5.1 **Polietileno - PE**

O polietileno pode apresentar-se quase transparente ou translúcido, rígido ou flexível, e pode ser encontrado na forma natural ou pigmentado. É o plástico mais utilizado e vendido em todo o mundo atualmente, tendo sido comercializado pela primeira vez em 1940. Seu consumo elevado se dá devido ao seu preço acessível, facilidade de processamento, ausência de toxicidade, por possuir propriedades não higroscópicas e versatilidade. Diversos produtos são fabricados a partir dele, incluindo sacos e sacolas, garrafas, utensílios domésticos, brinquedos, recipientes para cosméticos e medicamentos, tanques de combustível para veículos, peças automotivas, baldes, recipientes para produtos químicos e até coletes à prova de balas. São muitas as aplicações do PE em embalagens, podendo ser usado como monocamada (filmes simples) ou como camada em estruturas coextrusadas ou laminadas com outros polímeros (MOURA, 2006).

2.3.5.2 **Polipropileno - PP**

O PP é um polímero olefínico obtido pela polimerização do propileno, ou pela copolimerização do propileno com o etileno, que foi desenvolvido em 1957, porém só introduzido no mercado por volta de dois anos depois. O polipropileno isotático é quimicamente resistente à grande maioria das substâncias, mesmo que em um curto período de tempo, mas pode amolecer na presença de solventes não polares quando o tempo de contato aumenta. Também apresenta boa estabilidade térmica e dimensional, transparência e barreira ao vapor d'água (MOURA, 2006).

2.3.5.3 Poliamida - PA

Popularmente conhecida como “*nylon*”, a poliamida possui boa barreira a gases e aromas, boa resistência térmica e mecânica, além de uma boa resistência a produtos químicos, óleos e gorduras. A PA pode ser termoformada e sua desvantagem está relacionada à baixa barreira ao vapor d’água e a perda de propriedades mecânicas e de barreira com a umidificação (MOURA, 2006).

Quando utilizada na área de embalagem, grande parte das poliamidas são encontradas em forma de filmes, podendo estes serem mono ou bi-orientados e fabricados por extrusão plana ou tubular (MOURA, 2006).

2.3.5.4 Copolímero de etileno e acetato de vinila - EVA

O EVA é um copolímero randômico de etileno e acetato de vinila de aplicação restrita a embalagens flexíveis, pois tem propensão ao bloqueio e atrito, dificultando sua maquinabilidade. Com propriedades dependentes do teor de acetato de vinila (VA), quanto maior o teor e massa molar de VA, maior sua resistência ao impacto. Além disso, quanto maior o teor de VA, o EVA é menos cristalino e mais elástico, como também aumenta a flexibilidade e resistência da termoselagem ainda quente (MOURA, 2006).

2.3.5.5 Copolímero de etileno e álcool vinílico - EVOH

O copolímero de etileno e álcool vinílico (EVOH) é obtido pela hidrólise controlada do copolímero EVA, com ótimas propriedades de barreira a gases (destacando-se o oxigênio), sabor e odor (MOURA, 2006).

2.4 Método e ferramentas de gestão

2.4.1 PDCA

O ciclo PDCA (Figura 1) é um método utilizado para resolver problemas e melhorar continuamente os processos (LOBO, 2020).

Figura 1 – Etapas do ciclo PDCA



Fonte: BUENO *et al.* (2013).

Iniciando com o estágio P (*Plan* – planejar), faz-se uma identificação do problema e necessidade, estabelecendo os objetivos, prioridades e a determinação do método com auxílio das ferramentas da gestão da qualidade, formulando um plano de ação. A próxima etapa é o D (*Do* – executar), nessa etapa coloca-se em prática o que foi planejado no estágio anterior e aborda a necessidade e execução de treinamentos. Posteriormente, no estágio C (*Check* – checar), avalia-se a eficácia da solução proposta e coleta-se informações para uma nova análise. Para finalizar, no estágio A (*Act* – agir) busca-se elaborar a padronização da solução, ou, caso o resultado não chegue ao esperado, um novo ciclo se inicia fazendo uso do aprendizado adquirido com o já realizado.

Otimização dos recursos, redução de custos e planejamento são algumas vantagens de se implementar a Gestão da Qualidade, e se tratando da ferramenta PDCA, após identificado o problema, as metas precisam ser estabelecidas, sendo essas para melhorar ou apenas manter. As metas para melhorar são as criadas com o objetivo de atingir novos resultados dentro da organização, alterando a forma anteriormente adotada. Já as metas para manter são aquelas que se tornarão um padrão para a empresa, padronizando algum serviço e corrigindo alguma possível falha ou objetivo que não estava sendo antes alcançado, porém, nada impede que este não possa ser revisado posteriormente, e venha a se tornar uma meta para

melhorar, tendo em vista que visamos sempre a melhoria contínua (BUENO *et al.*, 2013).

2.4.2 *Brainstorm*

O *brainstorming* é uma ferramenta da qualidade de geração coletiva de novas ideias pela contribuição de várias pessoas inseridas em um grupo, partindo do pressuposto de que um grupo gera mais ideias do que uma pessoa isolada (LOBO, 2020). As técnicas de *brainstorming* fornecem uma perspectiva abrangente de ideias, facilitam a tomada de decisões e atuam como um lubrificante para o processo de resolução de problemas. Além disso, permitem que os usuários se concentrem nos fatos que estão causando o problema, isso facilita a identificação de causas mais difíceis de solucionar (GRANADO, 2020).

Essa ferramenta é dividida em três etapas: a definição do problema, onde o líder deve resumidamente apresentar o problema, deixando os integrantes cientes sobre o que irão opinar; a fase criativa, na qual todos opinam, sem censura, devendo apresentar o maior número de ideias possíveis; e por último, a fase crítica, na qual o grupo analisa as ideias e descarta as que não forem adequadas ao problema ou repetidas, selecionando as melhores. Todas as ideias devem ser registradas (LOBO, 2020).

2.4.3 *5W2H*

O 5W2H é uma ferramenta de gestão que nos permite obter uma visão abrangente dos Planos de Ação, serve para documentar de maneira organizada, clara e planejada como as ações devem ser realizadas. Para uma boa execução de um Plano de Ação, este precisa ser bem estruturado, a fim de possibilitar uma rápida e eficaz identificação dos quesitos importantes para implementação do projeto. Logo, essa ferramenta contribui de forma significativa para visualização e aplicação de planos de ação, separando as atividades e apresentando de maneira gerencial como os processos estão sendo executados, auxiliando assim nas análises e tomadas de decisões (ANDRADE, 2018).

Seus 5 W's são: O que? (*What?*), Por quê? (*Why?*), Onde? (*Where?*), Quando? (*When?*), Quem? (*Who?*); e os 2 H'S correspondem ao Como? (*How?*) e Quanto custa? (*How much?*).

Essa é uma ferramenta que, juntamente com a matriz GUT, serve de apoio ao desenvolvimento do diagrama de Ishikawa. Uma forma simples de planejar as ações

operacionais, que contém as informações necessárias para o acompanhamento e a execução da ação pretendida (LOBO, 2020).

2.4.4 SWOT

A análise SWOT é uma ferramenta estratégica de qualidade desenvolvida por Albert Humphrey na década de 1960, consistindo em quatro áreas principais: forças (*Strengths*), fraquezas (*Weaknesses*), oportunidades (*Opportunities*) e ameaças (*Threats*). Duas dessas áreas, as forças e fraquezas, estão relacionadas ao ambiente interno da empresa e podem ser controladas pela organização. As outras duas áreas, oportunidades e ameaças, provêm do ambiente externo e, devido à sua natureza, não podem ser controladas pela empresa (LEITE; GASPAROTTO, 2018).

Os registros internos desempenham um papel crucial no planejamento e na organização interna de uma empresa, sendo essenciais para elaboração da matriz SWOT. Quando executada de maneira inadequada, pode resultar em diversos problemas organizacionais, incluindo uma queda no desempenho geral. A manutenção correta desses registros assegura a eficiência operacional, facilita a tomada de decisões e contribui para a estabilidade e crescimento da empresa (DE OLIVEIRA, 2023).

Esses estudos e classificações são extremamente valiosos para gestores e organizações, pois auxiliam na tomada de decisões e no desenvolvimento de estratégias eficazes para alcançar os resultados e metas desejados (MARQUES; VENDRAME; SARRACENI, 2019). As ferramentas da qualidade são um primeiro passo para a otimização das operações e alcance da lucratividade (LOBO, 2020).

2.5 Planejamento experimental

O planejamento fatorial é extremamente útil para resolver questões importantes, como analisar como um conjunto específico de variáveis de entrada afeta uma determinada região de resposta; identificar quais combinações de variáveis de entrada resultarão em um produto que atenda às especificações desejadas; determinar os valores ideais das variáveis de entrada que otimizarão o desempenho para uma resposta específica; e compreender a superfície de resposta que proporcionará o melhor resultado. Nessa abordagem, para cada variável de entrada, utiliza-se um planejamento fatorial de dois níveis, representados por -1 e +1. Desta forma, o número total de experimentos necessários para explorar todas as

combinações possíveis é dado por 2^n , onde "n" é o número de variáveis envolvidas no estudo. Dessa forma, a partir desta técnica, tem-se um maior controle do processo, permitindo melhorias contínuas e inovação no contexto aplicado (NETO *et al.*, 2002).

Conforme sugerido por BOX *et al.* (2005), a inclusão de ensaios no ponto central (nível 0) é uma prática normalmente recomendada. Esta técnica permite uma análise mais aprofundada dos resultados experimentais, fornecendo uma estimativa precisa do erro. Seguindo esses passos, o pesquisador estabelece uma base sólida para a análise subsequente da superfície de resposta, facilitando a otimização do processo e uma melhor compreensão das relações entre as variáveis estudadas.

Juntamente com o início da aplicação do Planejamento Fatorial para a realização dos ensaios, utiliza-se a Metodologia de Superfície de Resposta (RSM). Este método envolve a definição de um número fixo de níveis para cada fator ou variável de entrada e a execução de experimentos que abrangem todas as combinações possíveis (KHURI E CORNELL, 2018). A escolha do tipo de Planejamento Experimental depende do número de variáveis selecionadas para o estudo. Para estudos com duas, três ou quatro variáveis, pode-se optar pelo Planejamento Fatorial Completo de primeira ou segunda ordem. Para um número maior de variáveis, como quatro ou mais, os planejamentos experimentais fracionário e Plackett-Burman são recomendados (NETO *et al.*, 2002).

Com os resultados obtidos no planejamento experimental, é possível calcular os efeitos principais e de interação das variáveis sobre a resposta. Isso permite ajustar empiricamente um modelo que correlacione as variáveis e respostas, visto que efeitos são mais significativos foram identificados. Tipicamente, dois tipos de modelos são utilizados: o modelo linear (primeira ordem) e o modelo quadrático (segunda ordem) (BOX *et al.* 2005). A partir da análise dos modelos, se o linear não apresentar uma boa correlação com os dados experimentais, o planejamento fatorial inicial pode ser complementado com a realização de $2n$ testes adicionais, seguindo um esquema conhecido como "estrela" ($\alpha = (2^n)^{1/4}$), para obter um modelo de segunda ordem (quadrático) (NETO *et al.*, 2002).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Aplicação do PDCA juntamente com a técnica de planejamento experimental para propor uma solução para o caso de falhas na selagem de embalagens macarrão.

3.2 Objetivos específicos

- Identificar potenciais causas de falha na selagem da máquina de embalagem;
- Identificar as variáveis que afetam a selagem durante o processo de empacotamento através de um planejamento fatorial fracionário;
- Propor um ciclo PDCA.

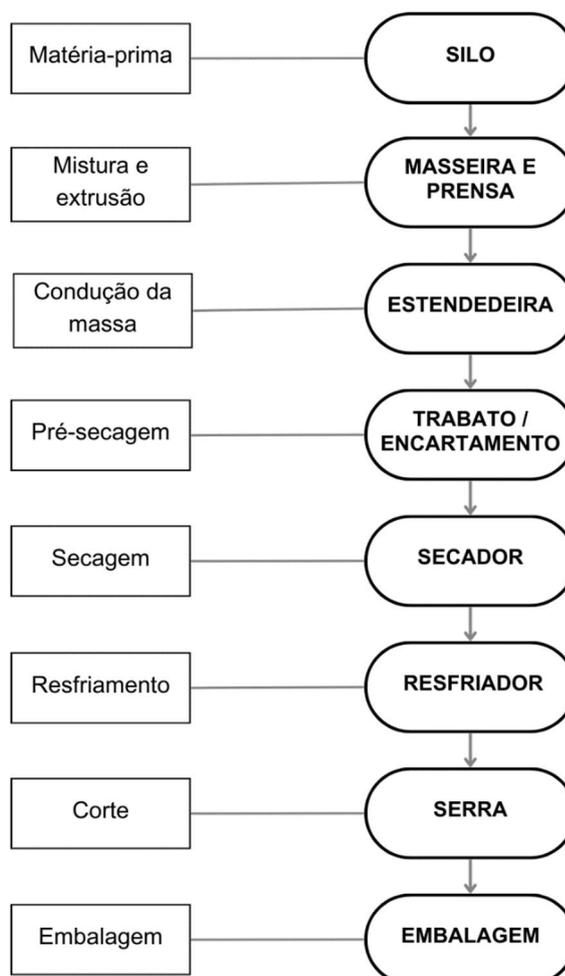
4 METODOLOGIA

Neste projeto foi definido o ciclo PDCA com o objetivo de elaborar um plano de ação para melhoria da eficiência da selagem. Primeiramente, foi realizada uma análise criteriosa no local de ocorrência do problema, com o objetivo de avaliar e sugerir causas. Na segunda etapa, utilizaram-se ferramentas do PDCA para avaliar e solucionar possíveis problemas, além de sugerir um planejamento experimental fracionário 2^{4-1} para avaliar as variáveis que poderiam estar influenciando a eficiência da selagem.

4.1 O processo de fabricação

O fluxograma apresentado na Figura 2 mostra, de forma macro, cada etapa do processo de fabricação de macarrão, desde a preparação da matéria-prima até a etapa de embalagem final.

Figura 2 – Fluxograma do processo de fabricação de macarrão

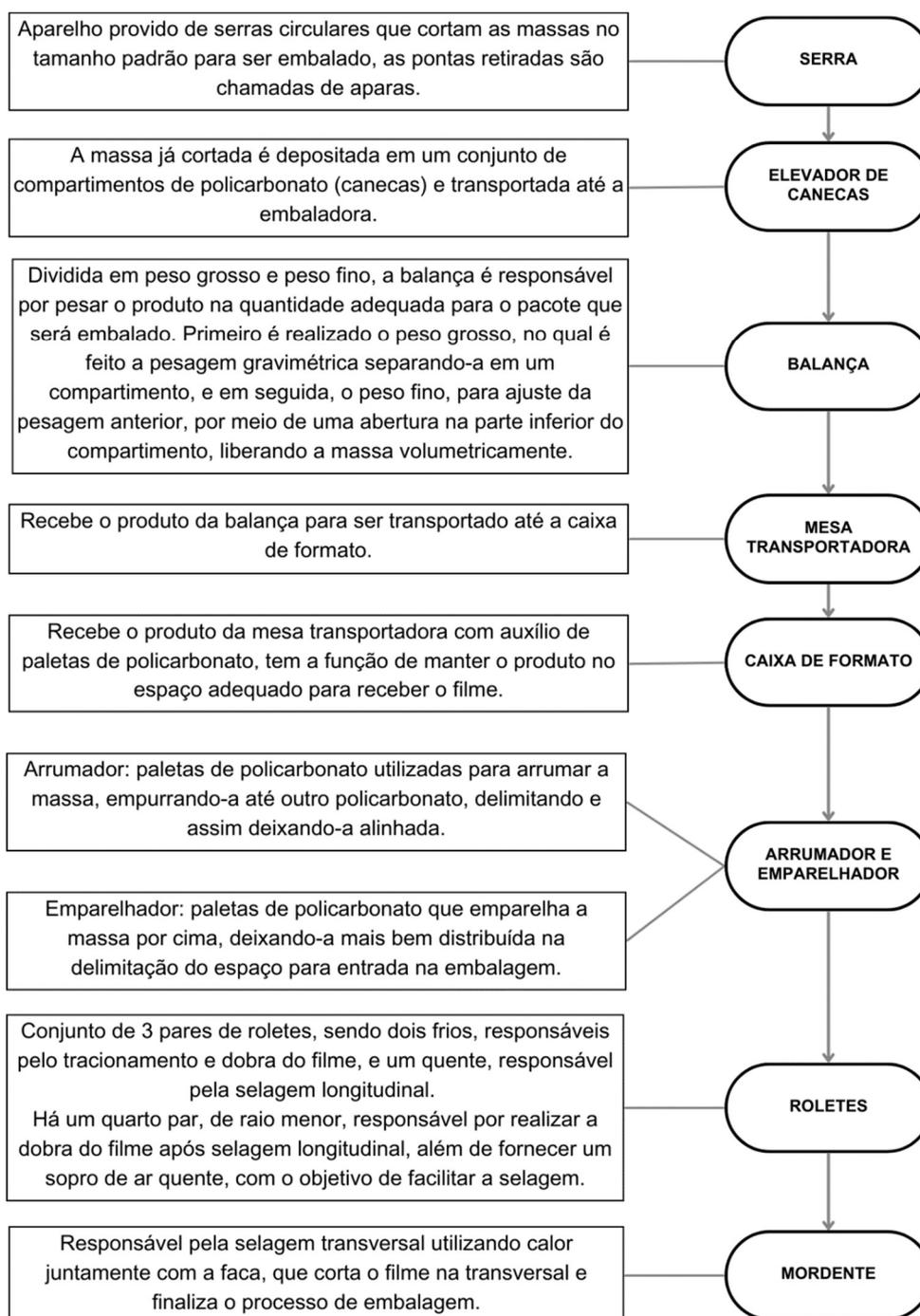


Fonte: A Autora (2024).

4.2 Fluxograma do processo de embalagem

A partir da serra, inicia-se o setor de embalagem de macarrão, ilustrado pela Figura 3. O conjunto da embaladora *altopack* compõe o coletor, a balança (peso fino e peso grosso), alimentador (mesa transportadora e paletas), arrumador, colarinho, escovas, roletes, mordente e faca. Após receber a massa do elevador de canecas, a embaladora forma o pacote e sela-o longitudinal e transversalmente.

Figura 3 – Fluxograma de embalagem de macarrão



Fonte: A Autora (2023).

A selagem é responsável pelo fechamento da embalagem, sendo sua eficiência de muita importância para a qualidade do produto, tanto visualmente, para aceitação do consumidor, quanto para a segurança do alimento, visto que um defeito na selagem pode se tornar uma porta de entrada para agentes biológicos e físicos.

4.2.1 Princípio de funcionamento da máquina de embalagem

A partir de uma bobina e correias, a embalagem flexível é tracionada até uma chapa, composta por roletes, tendo acima dela, escovas que ajudarão a diminuir o ar dentro da embalagem final. O filme se ajusta entre a chapa e as escovas, e ao mesmo tempo em que é alimentado com produto, movimenta-se horizontalmente através de rolos sendo termossoldado longitudinalmente, até chegar ao ponto em que um mordente faz a primeira termosselagem transversal (Figura 4).

Figura 4 – Exemplo de máquina empacotadora horizontal



Fonte: INOBAG.

Numa distância equivalente a um passo de fotocélula, ocorre a segunda termossoldagem transversal, que é simultânea à primeira da próxima embalagem a se formar. O passo da fotocélula corresponde ao comprimento da embalagem final e ocorre a partir da leitura, por um fotossensor, da marca impressa na embalagem. Essa leitura sinaliza o momento de parar o filme para realizar a selagem transversal por

termossoldagem e o corte. O tamanho do passo da fotocélula é ajustado de acordo com o tipo de produto e/ou marca que será embalado.

4.3 Termossoldagem

Na atualidade, a termossoldagem é amplamente adotada como a técnica principal para selar embalagens plásticas flexíveis, sendo correspondente a um método no qual dois materiais são fundidos juntos sob determinadas condições que permitam a sua fusão. Diversos fatores influenciam na qualidade da termossoldagem, como a forma de aplicação do calor, temperatura, tipo e pressão do mordente de fechamento, as características do material de embalagem e o equipamento utilizado. A resistência da termossoldagem de embalagens flexíveis pode ser determinada por meio de sua resistência à tração, pelo método descrito na ASTM F88-94 de 1995/20/21 (MOURA, 2006). Uma vez definida a combinação ideal de temperatura, tempo e pressão, têm-se condições ótimas para a termossoldagem de um material específico (ITAL, 1987).

4.3.1 Influência da eficiência nas perdas

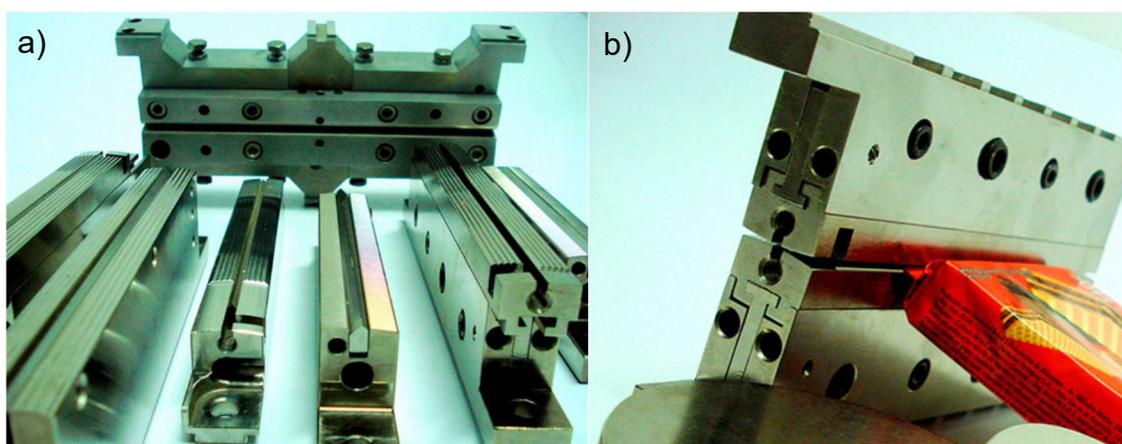
Segundo FEOLA (2009), a termossoldagem é o processo de união, por meio do calor, de duas superfícies de materiais para moldar a embalagem e garantir sua hermeticidade. Essa junção se completa somente após o resfriamento, quando a estrutura se solidifica, e é realizada por mordentes de barras aquecidas ou por mordente de impulso elétrico. Para essa operação é necessário o acompanhamento

dos indicadores de temperatura, pressão e tempo, tendo-se uma combinação ideal para cada tipo de material utilizado.

4.3.1.1 Mordentes

Existem diversos tipos de mordentes, na Figura 5 a) e b) visualizam-se exemplos com faca, sendo possível encontrá-los em diferentes tamanhos e com características específicas para cada material de embalagem utilizado.

Figura 5 – Exemplos de mordentes com faca acoplada



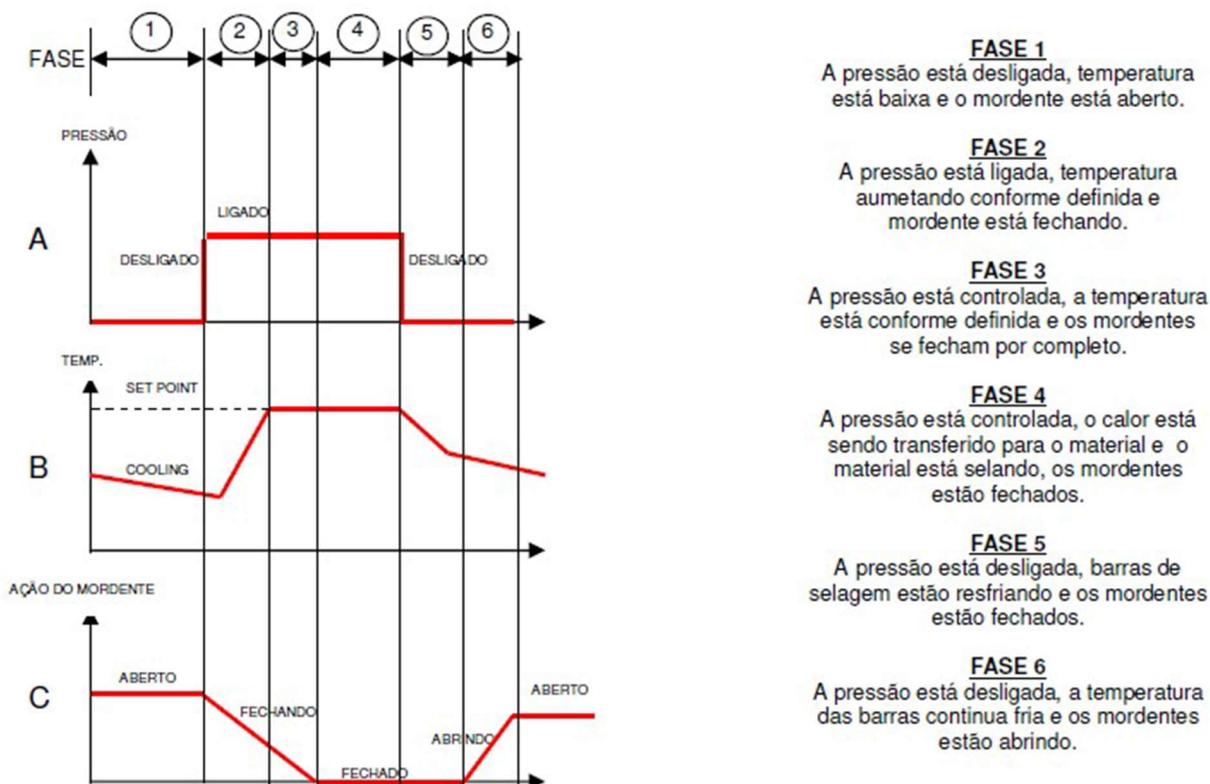
Fonte: Afiadora e Facas Campinas.

Fazer uso do mordente correto, considerando sua finalidade, garante a sua eficiência e assegura a resistência mecânica da selagem, e conseqüentemente, a segurança do produto. Logo, o entendimento sobre as especificações e condições ótimas de funcionamento dos mordentes são de fundamental importância para uma selagem de qualidade (“Mordentes – Movepack Brasil”, [s.d.]).

4.3.1.2 Temperatura x pressão x tempo

A temperatura e pressão devem ser cuidadosamente determinados, pois esses são aplicados para induzir a fusão dos materiais, sendo necessário que se mantenham uniformes para evitar a deflexão. A depender da velocidade da linha de produção e do tipo de material de embalagem empregado, os ciclos de aquecimento e resfriamento mudam. É muito importante que os parâmetros estejam sincronizados durante o processo (Figura 6), pois em caso de uma aplicação de temperatura abaixo da ótima, pode-se fazer uma compensação por um aumento de pressão e tempo, porém, não é garantido de que a qualidade da termossoldagem será mantida (FEOLA, 2009).

Figura 6 – Esquema de abertura e fechamento do mordente durante a selagem



Fonte: Feola (2009).

4.3.1.3 *Influência operacional na avaliação da eficiência da selagem (Análises de qualidade de embalagens)*

Existe a possibilidade de determinada quantidade de embalagem apresentar-se com falhas, podendo estas ocorrerem de forma aleatória, como por exemplo, defeito devido à tinta de impressão; ou de modo sistemático durante o processo de fabricação da embalagem, gerando pacotes ou lotes inteiros fora de especificação devido a mau ajuste e/ou defeito de máquina.

A avaliação visual de embalagens plásticas é uma forma simples de detecção de aspectos alterados que podem influenciar no seu desempenho físico-químico, em nível de segurança do alimento, resistência e até mesmo na percepção visual do cliente. A inspeção inicial de um lote pode ser unicamente visual, sendo ao final, classificados os defeitos e o lote julgado de acordo com os critérios de aceitação e rejeição para cada tipo de defeito encontrado (SARANTOPOULOS *et al.*, 2017).

4.4 Descrição da máquina embaladora

A máquina em estudo é do tipo embaladora horizontal que efetua a selagem longitudinal por calor e transversal por calor e impulso. Trabalha com materiais termosseláveis como, polipropileno (PP), polipropileno biaxialmente orientado (BOPP) e polietileno (PE) e é capaz de produzir 15 mil pacotes por hora.

A selagem transversal é realizada por mordentes rotativos com sistema de faca, sendo o mordente responsável pela selagem por barra quente (aquecimento com resistência tipo cartucho e termopar para controle de temperatura) e a faca pelo corte. Já a longitudinal ocorre por 3 pares de roletes, sendo os dois primeiros frios para tracionamento do filme e o terceiro quente, para selagem.

Suas principais variáveis são: temperatura longitudinal, temperatura transversal, velocidade (pacotes por minuto) e sopro de ar quente.

4.5 PDCA

O Ciclo PDCA, como uma metodologia de solucionar problemas, será proposto para um estudo de caso envolvendo um produto alimentício. O ciclo foi estruturado em suas quatro etapas básicas: planejamento, execução, verificação e ação corretiva. A etapa de planejamento (*P - Plan*) foi conduzida na máquina de embalagem onde o problema foi identificado, enquanto as etapas restantes (*D - Do*, *C - Check* e *A - Act*) foram propostas como sugestões para futuras aplicações. Os testes e ensaios futuros devem ser realizados nas condições reais de operação da máquina, ou seja, com a máquina empacotando os produtos destinados à distribuição e venda.

4.5.1 *Plan (Planejar)*

4.5.1.1 **Identificação do problema**

O problema estudado é a baixa eficiência na selagem de embalagens flexíveis durante o empacotamento do macarrão. Essa situação afeta diretamente a qualidade e a segurança do produto oferecido quando repassado ao mercado, resultando em reclamações e na insatisfação dos consumidores. Como consequência, a empresa enfrenta prejuízos, não só pela má reputação causada pelas falhas percebidas pós-venda, mas também pelo aumento no número de fardos interditados (seja interna ou externamente) por problema de selagem. Cada fardo, contendo 20 pacotes de 400g, requer retrabalho, o que acarreta perdas de filme de embalagem e de horas trabalhadas que poderiam ser utilizadas para novas produções.

A fim de avaliar a frequência de ocorrência das falhas na selagem, um acompanhamento diário foi realizado a partir de auditorias de selagem, na qual observava-se a reprovação de pacotes quanto a selagem aberta, enrugada e/ou frágil. Essa análise era realizada nos 3 turnos, com a retirada de 10 pacotes consecutivos para cada uma das 3 máquinas embaladoras, sendo encontrados defeitos como embalagens com abertura na selagem transversal, falha no corte da selagem, embalagem aberta devido à selagem frágil e/ou selagem longitudinal enrugada.

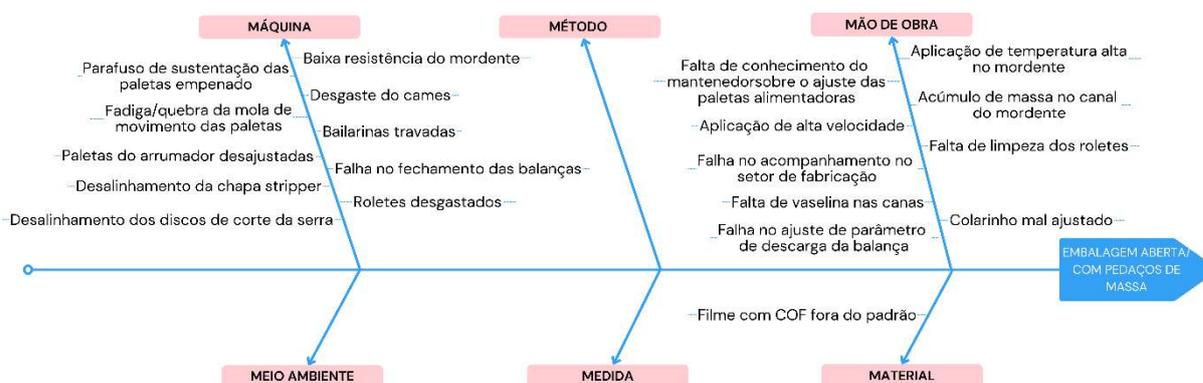
Para obter uma visualização mais clara da frequência de ocorrência, será proposta a elaboração de um Gráfico de Pareto, considerando duas perspectivas: turno (manhã – A, tarde – B e noite – C) e máquina (embaladora 1, embaladora 2 e embaladora 3). Essa abordagem permitirá observar a ordem de importância e a contribuição de cada fator para o efeito final, facilitando a identificação e priorização de oportunidades de melhoria.

4.5.1.2 **Brainstorm**

Inicialmente, formou-se uma equipe multidisciplinar, composta por dois operadores e um mecânico, ambos da área de embalagem; o coordenador e a analista de processos do setor de massas; e um estagiário, a fim de que cada um com sua vivência específica e conhecimentos diversos, pudessem contribuir da melhor forma para levantamento de causas e solução do problema.

Com a equipe formada, foi possível realizar o *brainstorm* para o efeito de embalagem aberta, selagem com furos e/ou enrugada, sendo as causas levantadas divididas nos 6 M's (Máquina, Método, Mão de obra, Meio Ambiente, Medida e Material) e representada no Ishikawa da Figura 7 abaixo.

Figura 7 – Ishikawa para embalagem com defeitos na selagem



Fonte: A autora (2023).

Para análise do ambiente em que a empresa está inserida e levantar pontos fortes, fracos, oportunidades e ameaças do projeto, foi elaborada uma matriz SWOT que pode ser visualizada na Figura 8.

Figura 8 – Matriz SWOT

FORÇAS	FRAQUEZAS
Experiência na área de massas Conhecimento técnico Cultura de Qualidade Engajamento	Resistência a mudança Escala de trabalho Peças antigas Baixo orçamento para compras
OPORTUNIDADES	AMEAÇAS
Capacitação profissional Investimento em Pesquisa e Desenvolvimento Feedback dos consumidores	Concorrência agressiva Problemas com fornecedores Mudanças de preferências do consumidor

Fonte: A autora (2024).

4.5.1.3 **Planejamento experimental**

A partir da aplicação do Gráfico de Pareto, *brainstorm*, Ishikawa e SWOT, e consequentemente, com a identificação da causa raiz, será possível a aplicação do planejamento experimental. Apesar de existirem e terem sido levantados diversos fatores e etapas do processo de produção que podem interferir na selagem, como fatores mecânicos, elétricos, matéria-prima e operação, apenas os referentes à etapa específica de embalagem serão estudados.

Para esse estudo, a proposta é um planejamento fracionário 2^{4-1} considerando a temperatura e velocidade como variáveis: temperatura do mordente (TM), temperatura dos cilindros (TC), temperatura do sopro de ar quente (TS) e velocidade de produção (v). Na Tabela 1 está apresentada a tabela de níveis e a faixa de valores que serão utilizadas neste estudo, e na Tabela 2, a matriz de planejamento.

Essa metodologia envolve um conjunto de técnicas projetadas para analisar as relações entre uma ou mais respostas medidas de forma analítica e um grupo de variáveis de entrada sob controle. Este método é amplamente empregado, tanto em ambiente acadêmico quanto industrial, para abordar uma variedade de problemas.

Tabela 1 – Tabela de níveis

Variável	-1	0	+1
Temperatura do mordente (TM)	125	135	145
Temperatura dos cilindros (TC)	180	190	200
Temperatura do sopro de ar quente (TS)	170	180	190
Velocidade de produção (v)	70	80	90

Fonte: A autora (2024).

Tabela 2 – Matriz de planejamento fracionário 2^{4-1}

Ensaio	Valores codificados				Valores reais			
	TM	TC	TS	v	TM	TC	TS	v
01	-1	-1	-1	-1	125	180	170	70
02	+1	-1	-1	+1	145	180	170	90
03	-1	+1	-1	+1	125	200	170	90
04	+1	+1	-1	-1	145	200	170	70
05	-1	-1	+1	+1	125	180	190	90
06	+1	-1	+1	-1	145	180	190	70
07	-1	+1	+1	-1	125	200	190	70
08	+1	+1	+1	+1	145	200	190	90
09	0	0	0	0	135	190	180	80
10	0	0	0	0	135	190	180	80
11	0	0	0	0	135	190	180	80
12	0	0	0	0	135	190	180	80

Legenda:

TM: Temperatura do mordente

TC: Temperatura dos cilindros

TS: Temperatura do sopro de ar quente

v: Velocidade de produção

Fonte: A autora (2024).

4.5.2 Do (Fazer)

4.5.2.1 **Execução do planejamento experimental**

Nesta etapa, será proposta uma metodologia de execução para o plano de ação delineado no item 4.5.1.3 utilizando como base a Tabela 2 com 12 ensaios. As condições serão fixadas de forma a ocorrer duas aleatórias e uma de controle por dia nos 3 turnos (A, B e C), totalizando quatro dias de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição dos ensaios por dia

Dia	Ensaio
Primeiro dia	01, 02 e 09
Segundo dia	03, 04 e 10
Terceiro dia	05, 06 e 11
Quarto dia	07, 08 e 12

Fonte: A autora (2024).

As condições foram definidas a partir do funcionamento da máquina e de acordo com as condições de trabalho, a fim de não trazer prejuízos para a produção. Para cada ensaio, será proposto a coleta de 10 amostras consecutivas, totalizando 30 amostras por turno. O experimento deverá ser conduzido com a máquina em operação contínua e com a produção já estabilizada, ou seja, a partir do início de produção e após troca de condições, será necessário esperar 1 hora para realizar a retirada dos pacotes. Dessa forma, teremos os 3 turnos nas mesmas condições e será possível observar caso haja defeito na máquina.

4.5.2.2 **Avaliação da selagem**

Para avaliar os resultados obtidos nos ensaios serão realizadas auditorias de selagem nos 10 pacotes retirados, avaliando-os quanto a selagem aberta, enrugada e/ou frágil, assim como feito na etapa de planejamento. Além disso, deverá ser realizado o teste de imersão, que consiste em submergir a embalagem em uma máquina (Figura 9), semelhante a um tanque de água, para verificar a integridade da selagem. A embalagem é observada enquanto submersa para detectar a presença de bolhas, que indicariam vazamentos, e após aproximadamente 15 segundos, o pacote é retirado, enxugado e aberto no final de todos os testes analisando a entrada de água.

Figura 9 – Equipamento detector de vazamento para realização do teste de imersão



Fonte: Poli Instrumentos.

Após a avaliação dos testes de imersão dos ensaios realizados, os resultados deverão ser agrupados e alimentados em uma planilha no *software* Excel. A análise dos resultados será realizada em função da porcentagem de defeitos encontrados. A partir do tratamento estatístico em Excel, será possível observar quais temperaturas e velocidades possuem significância para a operação e assim realizar a tomada de decisão. Estando com todas as análises do planejamento fatorial concluídas e as variáveis significativas identificadas, um novo planejamento fatorial completo ou um novo planejamento fracionário será proposto. Esta segunda opção só será considerada se as variáveis inicialmente selecionadas não se revelarem ideais, necessitando ser repetido para garantir uma avaliação mais precisa e segura.

4.5.3 *Check (Checar)*

Nesta etapa de checagem, será necessário ter aplicado as condições definidas na etapa D (*Do*) para avaliar o desempenho das seladoras, padronizando assim os três turnos de operação. Nessa fase, é essencial verificar a partir de análises estatísticas se as condições padronizadas do experimento foram suficientes para eliminar falhas na selagem transversal e longitudinal. Para isso, serão retiradas amostras em intervalos de tempo distintos em cada turno, para realização de novas auditorias de selagem.

É importante ressaltar a possibilidade de um planejamento fatorial completo não ser suficiente, porém, fornecerá direcionamento para otimização das condições de operação da máquina.

4.5.4 *Act (Agir)*

De acordo com os resultados obtidos nos itens 4.5.2 e 4.5.3, será verificado a necessidade de alteração do planejamento ou aplicação dos resultados obtidos nos itens citados, sendo, neste último caso, proposto uma estratégia para a padronização que poderá ser implantada, de forma a prevenir contra o reaparecimento do problema.

Esta ação consistirá em padronizar a máquina nas condições determinadas e verificadas pelo planejamento experimental e realizar o controle contínuo para avaliar a eficiência do processo.

Devem ser criados documentos como Procedimento Operacional Padrão (POP), com a descrição das atividades e novos parâmetros a serem utilizados; planilhas de controle para verificação periódica do cumprimento das condições estabelecidas e relatórios para fim de análise do funcionamento adequado das máquinas.

Com isso, todos os colaboradores responsáveis pelo setor de embalagem devem ser treinados nas novas condições estabelecidas para as máquinas embaladoras, sendo conscientizados da importância do cumprimento das ações, assim como sobre os possíveis prejuízos causados caso sejam descumpridas.

5 RESULTADOS ESPERADOS

Com a implementação das condições obtidas na etapa D (*Do - Fazer*) e a avaliação do comportamento das seladoras, espera-se eliminar as falhas na selagem transversal e longitudinal, garantindo uma produção contínua e de qualidade, assim como uma padronização dos três turnos de operação, obtendo-se um padrão consistente de temperatura e velocidade de produção para cada máquina embaladora. A aplicação do planejamento experimental e das auditorias de selagem deverá reduzir significativamente o número de embalagens com defeitos, como selagem aberta, enrugada e/ou frágil. Dessa forma, almeja-se a redução do retrabalho, aumentando a satisfação do cliente e diminuindo as reclamações de mercado. Com isso, uma nova queda na qualidade da selagem dos pacotes pode não estar mais relacionada com as variáveis de velocidade e temperatura, pois estas estarão padronizadas de acordo com este estudo, mas com outras condições do processo de produção.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do Ciclo PDCA e do planejamento experimental fracionário sugere uma abordagem eficaz para melhorar a eficiência da selagem em embalagens flexíveis de macarrão. Através da identificação das variáveis críticas e da padronização das condições operacionais das máquinas embaladoras, espera-se reduzir significativamente as falhas de selagem, garantindo a qualidade e a segurança do produto final.

A metodologia de Superfície de Resposta (RSM) apresentada oferece uma base sólida para futuras análises aprofundadas e otimizações contínuas do processo. A proposta de implementar auditorias regulares e testes de imersão visa assegurar a integridade da selagem, promovendo uma prática de melhoria contínua e inovação no contexto industrial.

Espera-se que, ao aplicar as recomendações aqui apresentadas, a empresa poderá não apenas reduzir custos operacionais e retrabalho, mas também fortalecer sua reputação no mercado, entregando produtos de qualidade aos consumidores. A continuação deste estudo, com a execução dos testes e análises propostos, será fundamental para validar as hipóteses levantadas e para a implementação das melhorias sugeridas de forma efetiva.

REFERÊNCIAS

- ABIEF.** A importância da embalagem para garantir uma experiência positiva de consumo no varejo. Disponível em: <https://www.abief.org.br/flex-tendencias/a-importancia-da-embalagem-para-garantir-uma-experiencia-positiva-de-consumo-no-varejo/>. Acesso em: 10 fev. 2024.
- ABIEF.** Indústria brasileira de embalagens plásticas flexíveis cresce 4,3% no primeiro semestre de 2023. Disponível em: <https://www.abief.org.br/flex-tendencias/industria-brasileira-de-embalagens-plasticas-flexiveis-cresce-43-no-primeiro-semester-de-2023/>. Acesso em: 10 fev. 2024.
- AFIADORAS E FACAS CAMPINAS.** Disponível em: <http://afiadoracampinas.com.br/mordente-flow-pack.html>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- ANDRADE, Darly Fernando. Gestão pela Qualidade.** Volume 3. Editora Poisson - Belo Horizonte - MG. 2018. Disponível em: https://www.poisson.com.br/livros/qualidade/volume3/GQ_volume3.pdf. Acesso em: 22 mai. 2024.
- Associação Brasileira de Supermercados (ABRAS).** Indústria de massas e biscoitos fatura R\$ 50 bi em 2021. Disponível em: <https://www.abras.com.br/clipping/geral/110654/industria-de-massas-e-biscoitos-fatura-r-50-bi-em-2021>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- BARBOSA, C; ALVES, R. Tecnoalimentar. Massas alimentícias.** Disponível em: <http://www.tecnoalimentar.pt/noticias/massas-alimenticias/>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- BOX, G. E. P.; HUNTER, J. S.; HUNTER, W. G. Statistics for Experimenters: An Introduction to Design, Data Analysis, and Model Building.** John Wiley & Sons, 1978.
- BRASIL.** Decreto nº 45588, de 3 de março de 1964. Promulga o Regulamento do Fabrico de Massas Alimentícias. **Decreto n.º 45588, de 3 de março:** Diário do Governo n.º 53/1964, Série I de 1964-03-03, Ministério da Economia - Secretarias de Estado do Comércio e da Indústria, p. 377-378, 1964.
- BUENO, Ádamo et al. Ciclo PDCA.** Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia. 2013. Disponível em: https://www.luisguilherme.com.br/download/ENG1530/TurmaC04/G07-Ciclo_PDCA.pdf. Acesso em: 01 mai. 2024.
- Canal Rural.** Você sabia? Setor de massas movimenta mais de US\$ 13 mi em exportações. Disponível em: <https://www.canalrural.com.br/internacional/voce-sabia-setor-de-massas-movimenta-mais-de-us-13-mi-em-exportacoes/>. Acesso em: 10 jan. 2024.
- Claire Sarantopoulos et al. Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis.** Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Claire-Sarantopoulos/publication/354062690_Requisitos_de_conservacao_de_alimentos_e

m_embalagens_flexiveis/links/6122bcc30c2bfa282a631c18/Requisitos-de-conservacao-de-alimentos-em-embalagens-flexiveis.pdf. Acesso em: 22 mai. 2024.

Corrêa, F. R. **Gestão da qualidade**. Volume Único. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj. 2019.

Costa, M. F. S. O. **Controle da qualidade analítico de embalagens plásticas flexíveis**. 2014. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/35555/1/Maria%20Ferreira%20Salgado%20Oliveira%20Costa.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2024.

DE OLIVEIRA, S. M.; SILVA, C. T.; BRANDÃO, E. M. **Ciclo PDCA**. Escola de Enfermagem Aurora de Afonso Costa. Universidade Federal Fluminense. 2022. Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/716521/2/Ciclo%20PDCA.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2024.

DE OLIVEIRA, V. L.; GOES, K. F. K. **ANÁLISE SWOT-APLICAÇÃO EM UMA EMPRESA DO SETOR VAREJISTA**. Federal de Mato Grosso do Sul. 2023.

DUDIN, M. N. *et al.* **The Deming Cycle (PDCA) Concept as an Efficient Tool for Continuous Quality Improvement in the Agribusiness**. Asian Social Science. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5539/ass.v11n1p239>. Acesso em: 31 jul. 2024.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de Alimentos**. São Paulo: Atheneu. 2003

FEOLA, C. **Principais fatores a considerar para melhor a integridade na termossoldagem das embalagens flexíveis de polipropileno biorientado**. Dissertação de Mestrado. Escola Engenharia Mauá. São Caetano do Sul. 2009.

FERNANDES, Djair Roberto. UNOPAR Cient., **Ciênc. Juríd. Empres.**, Londrina, v. 13, n. 2, p. 57-68, Set. 2012.

GRANADO, Graziane Correa da Silva. Brainstorming e a aplicação do modelo clássico. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**. 2020. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/engenharia-de-producao/brainstorming>. Acesso em: 30 jul. 2024.

INO BAG. Disponível em: <https://inobag.com.br/blog/melhoria-processos/tipos-de-maquinas-para-embalagem/>. Acesso em: 27 ago. 2024.

Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). **Dossiê Técnico: Embalagens Flexíveis**. Disponível em: <https://www.sbirt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjY=>. Acesso em: 12 jan. 2024.

Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). **Dossiê Técnico: Indústria de Massas Alimentícias**. Disponível em: <https://www.sbirt.ibict.br/dossie-tecnico/downloadsDT/MjY=>. Acesso em: 12 jan. 2024.

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN). **Embalagens flexíveis: proteção e conservação de alimentos**. Disponível em: <https://www.ipen.br/biblioteca/cd/cbpol/2007/PDF/622.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2024.

Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). **Embalagens flexíveis: uma solução versátil para a indústria de alimentos**. Disponível em: https://www.ital.agricultura.sp.gov.br/arquivos/cetea/informativo/v28n2/artigos/v28n2_artigo1.pdf. Acesso em: 12 jan. 2024.

Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL). **Massas**. Disponível em: <https://ital.agricultura.sp.gov.br/massas/14/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

JORGE, Neuza. **Embalagens para Alimentos**. São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, Pró-Reitoria de Graduação, 2013.

KHURI, Andre I.; CORNELL, John A. **Response surfaces: designs and analyses**. CRC press, 2018.

LEITE, Maykon Stanley Ribeiro; GASPAROTTO, Angelita Moutin Segoria. ANÁLISE SWOT E SUAS FUNCIONALIDADES: o autoconhecimento da empresa e sua importância. **Revista interface tecnológica**, v. 15, n. 2, p. 184-195, 2018.

LOBO, Renato Nogueiro. **Gestão da Qualidade**. 2.ed. São Paulo. Érica: 2020.

Maria Ferreira Salgado Oliveira Costa. **Embalagens flexíveis na indústria: estratégias de competitividade e inovação**. Disponível em: <https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/35555/1/Maria%20Ferreira%20Salgado%20Oliveira%20Costa.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2024.

MARQUES, B. R.; VENDRAME; M. M. C. R.; SARRACENI, M. J. M. Gestão De Pessoas-Análise Swot e Ciclo Pdca Aplicados como Ferramenta de Desenvolvimento Estratégico. **Corpo Editorial**, p. 27. Disponível em: <https://unisalesiano.com.br/aracatuba/wp-content/uploads/2019/05/Revista-universitari@-2019-Lins-Completa.pdf#page=31>. Acesso em: 31 jul. 2024.

MEDEIROS, M. **Conheça 3 tipos de polietileno**. Redação Mundo do Plástico. 2019. Disponível em: <https://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/oportunidades/pebd-pead-e-pelbd-caracteristicas-e-indicacoes-de-cada-polietileno>. Acesso em: 24 set. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Resolução-RDC nº 259, de 3 de março de 1964. RESOLUÇÃO-RDC Nº 259, DE 20 DE SETEMBRO DE 2002. **REGULAMENTO TÉCNICO PARA ROTULAGEM DE ALIMENTOS EMBALADOS**, Ministério da Saúde - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2002.

MOURA, E. A. B. **Avaliação do Desempenho de Embalagens para Alimentos quando Submetidos a Tratamento por Radiação Ionizante**. Autarquia Associada à Universidade de São Paulo, IPEN, 2006.

Mordentes – Movepack Brasil. Disponível em: <https://movepackbrasil.com.br/product-category/mordentes/>. Acesso em: 29 jun. 2024.

NAKAGAWA, M. **FERRAMENTA: ANÁLISE SWOT (CLÁSSICO), ESTRATÉGIA E GESTÃO**. Movimento Empreenda. São Paulo, 2011. Disponível em: http://www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/ME_Analise-Swot.PDF. Acesso em: 22 mai. 2024.

NETO, B. B., SCARMINIO, I. S.; BRUNS, E. R. Como fazer experimentos: pesquisa de desenvolvimento na ciência e na indústria. 2a ed., Campinas, SP. **Editora da UNICAMP**, 2002.

NOGUEIRA, B. R. *et al.* **Estudo dos efeitos da radiação por feixe de elétrons nas propriedades mecânicas da estrutura BOPP/LDPE**. Foz do Iguaçu – PR. 2009. Disponível em: <https://repositorio-api.ipen.br/server/api/core/bitstreams/e4cf71b5-594d-40d9-9406-42aa39a4ae4e/content>. Acesso em: 27 ago. 2024.

Poli Instrumentos. Disponível em: <https://poliinstrumentos.com.br/produto/detector-d-e-vazamento-para-embalagens/>. Acesso em: 27 ago. 2024.

Portal do Agronegócio. **Indústrias de biscoitos, massas alimentícias, pães e bolos industrializados fecham primeiro semestre do ano em alta**. Disponível em: <https://www.portaldoagronegocio.com.br/agroindustria/processamento/noticias/industrias-de-biscoitos-massas-alimenticias-paes-bolos-industrializados-fecham-primeiro-semester-do-ano-em-alta>. Acesso em: 12 jan. 2024.

RADAELLI, Gislaiane. **Estudo da Permeabilidade a Gases de Nanocompósitos de Poliiolefina**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/174110/001062743.pdf?sequence=1>. Acesso em: 25 fev. 2024.

REIS, Vanderlei Soares dos. **A IMPORTÂNCIA DA EMBALAGEM NA VIDA DO CONSUMIDOR BRASILEIRO**. Educação, Gestão e Sociedade: revista da Faculdade Eça de Queirós, Ano 4, n.16, nov. 2014. Disponível em: https://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20170509160856.pdf. Acesso em 26 set. 2024.

SARANTOPOULOS, Claire I. G. L. *et al.* **Embalagens plásticas flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. 2. ed. Campinas: ITAL/CETEA, 2017. Cap 11.

Sindicato da Indústria do Trigo no Estado de São Paulo (Sindustrigo). **Indústria de massas e pães cresce na pandemia**. Disponível em: <https://www.sindustrigo.com.br/noticias-setorial-mercado/industria-de-massas-e-paes-cresce-na-pandemia/12377/>. Acesso em: 12 jan. 2024.

SOUSA, L. *et al.* Tecnologia de embalagens e conservação de alimentos quanto aos aspectos físico, químico e microbiológico. **ACSA - AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO**, v. 8, n. 1, p. 19–27, 3 jan. 2013. Disponível em:

<https://acsa.revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/249/pdf>. Acesso em: 26 set. 2024.

TECNOALIMENTAR. **Tecnoalimentar 31 aborda as Estratégias e Inovação em Massas Alimentícias**. 2022. Disponível em: <http://www.tecnoalimentar.pt/noticias/tecnoalimentar-31-aborda-as-estrategias-e-inovacao-em-massas-alimenticias/>. Acesso em: 20 dez. 2023.

TORRENS *et al.* Estudo da Utilização de Tintas Flexográficas aditivadas com cera de polietileno em substratos laminados. **Revista de Engenharia e Tecnologia**. 2022.