



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Instituto de Ciência e Tecnologia
Câmpus de Sorocaba

THIAGO GONÇALVES TEIXEIRA

**MELHORIA DE PROCESSO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: OTIMIZAÇÃO DE
PERFORMANCE NA PRODUÇÃO DE ACHOCOLATADO**

Sorocaba

2026

THIAGO GONÇALVES TEIXEIRA

MELHORIA DE PROCESSO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS: OTIMIZAÇÃO DE PERFORMANCE NA PRODUÇÃO DE ACHOCOLATADO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Bacharel(a) em Engenharia Ambiental.

Orientador(a): Prof.^a Dra. Cláudia Hitomi Watanabe Rezende

Coorientador(a): Prof.^a Dra. Maria Lúcia Pereira Antunes

Sorocaba

2026

T266m	Teixeira, Thiago Gonçalves Melhoria de processo na indústria de alimentos : otimização de performance na produção de achocolatado / Thiago Gonçalves Teixeira. -- Sorocaba, 2026 64 p. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba Orientadora: Cláudia Hitomi Watanabe Rezende Coorientadora: Maria Lúcia Pereira Antunes 1. Sustentabilidade. 2. Alimento - Indústria. 3. Per- formance. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp.
Dados fornecidos pelo autor(a).

THIAGO GONÇALVES TEIXEIRA

MELHORIA DE PROCESSO NA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS:

otimização de performance na produção de achocolatado

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, Sorocaba, para obtenção do título de Bacharel(a) em Engenharia Ambiental.

Data de aprovação: 07/07/2026

Trabalho aprovado por meio de parecer, homologado pelo Conselho de Curso em reunião de 7 de julho de 2026.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por permitir que meus objetivos fossem alcançados e que eu tivesse determinação para finalizar esse trabalho. Aos meus familiares, por todo apoio e confiança em mim ao longo de toda minha graduação, obrigado por serem os pilares da minha vida.

Aos meus amigos que fiz durante os anos de graduação, Beatriz Autieri, Julia Alves, Juan Gonzalez, Liriel Ferreira, Isabelle Torres, Lucas Mariani, Leonardo Maier, Paulo Silva e Yasmin Pimentel, por compartilharem comigo as alegrias e desafios dessa etapa de nossas vidas.

Aos meus professores de graduação, pelas correções e ensinamentos passados. Em especial, a Prof^a. Dra. Cláudia Watanabe, por ser minha orientadora e me guiar na elaboração deste trabalho.

Aos meus colegas de estágio, pelos conselhos e todo o auxílio que possibilitaram a elaboração desse projeto. Em especial, Vinicius Croque e Marcos Almeida, pela amizade e apoio durante a realização desse trabalho.

Por fim, a todos com quem convivi ao longo desses anos de curso, que contribuíram e impactaram, direta ou indiretamente, na minha formação acadêmica.

RESUMO

A indústria alimentícia, assim como muitos outros setores, busca constantemente melhorar seus processos para reduzir custos e aumentar produtividade. Neste contexto, observou-se uma oportunidade de otimização em uma grande indústria de achocolatado em pó, particularmente na eficiência e rendimento de matéria-prima. Essa oportunidade motivou a implementação de um projeto estruturado para melhorar a eficiência operacional. Para fundamentar o projeto, realizou-se um estudo detalhado do produto e do processo produtivo, o que proporcionou um conhecimento aprofundado dos fatores envolvidos e possibilitou a escolha das estratégias mais eficazes. A metodologia *Lean Six Sigma* foi aplicada, com ênfase no ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), utilizando ferramentas específicas para cada etapa do processo. A aplicação sistemática do DMAIC permitiu uma abordagem precisa e estruturada na identificação e eliminação de desperdícios e ineficiências no processo de *setup*. Entre os resultados mais relevantes, destaca-se a redução significativa do “*Overpack*”, que caiu em mais de 50%, possibilitando uma maior eficiência na linha de produção. A aplicação do DMAIC e das ferramentas *Lean Six Sigma* demonstrou ser altamente eficaz na resolução de problemas de eficiência e rendimento e na obtenção de resultados consistentes e mensuráveis. Além dos benefícios diretos de produtividade e redução de custos, o projeto promoveu uma mudança cultural na equipe, incentivando uma mentalidade de melhoria contínua e preparação para futuros projetos de otimização. Esse trabalho reforça a importância de metodologias bem estruturadas e adaptadas à realidade de cada processo, servindo como modelo para outras iniciativas de melhoria contínua na indústria alimentícia e em outros setores industriais.

Palavras-chave: Indústria alimentícia. Achocolatado em pó. Projeto de otimização. Lean Six Sigma.

ABSTRACT

The food industry, like many other sectors, continuously seeks to improve its processes to reduce costs and increase productivity. In this context, an opportunity for optimization was identified in a large, powdered chocolate beverage manufacturing plant, particularly regarding raw material efficiency and yield. This opportunity motivated the implementation of a structured project aimed at improving operational efficiency. To support the project, a detailed study of the product and the production process was conducted, enabling an in-depth understanding of the influencing factors and the selection of the most effective strategies. The Lean Six Sigma methodology was applied, with emphasis on the DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control), using specific tools at each stage of the process. The systematic application of DMAIC allowed a precise and structured approach to identifying and eliminating waste and inefficiencies in the setup process. Among the most relevant results, a significant reduction in overpacks was achieved, exceeding 50%, leading to increased efficiency on the production line. The application of DMAIC and Lean Six Sigma tools proved to be highly effective in solving efficiency and yield-related problems, delivering consistent and measurable results. In addition to direct gains in productivity and cost reduction, the project promoted a cultural shift within the team, encouraging a continuous improvement mindset and readiness for future optimization initiatives. This study highlights the importance of well-structured methodologies tailored to the specific realities of each process, serving as a model for other continuous improvement initiatives in the food industry and other industrial sectors.

Keywords: Food industry. Powdered chocolate beverage. Optimization project. Lean Six Sigma.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do Processo de achocolatado em pó	20
Figura 2 - Transporte Pneumático	21
Figura 3 - Transportador de parafuso	21
Figura 4 - Misturador de fitas	23
Figura 5 - Misturador de rosca vertical	23
Figura 6 - Variação de tamanho de partículas durante a moagem	24
Figura 7- Tipos de forças existentes no processo de moagem	25
Figura 8 - Moinho de martelo.....	26
Figura 9 - Moinho de pinos e discos	27
Figura 10 - Exemplo de embalagens de filmes.....	28
Figura 11- Envasadora	29
Figura 12 - Esquema de empacotamento automatizado	30
Figura 13 - DMAIC.....	32
Figura 14 - Etapa Definir.....	34
Figura 15 - Método SMART.....	34
Figura 16 - Designações RACI	36
Figura 17- Etapas SMED.....	38
Figura 18 - Diagrama de Ishikawa	40
Figura 19 - Exemplo da implementação dos 5 porquês.....	42
Figura 20 – Exemplo de Diagrama de Pareto com a regra 80:20.....	43
Figura 21- Matriz Custo e Benefício	45
Figura 22 - Overpack no Envase de Achocolatado em Pó	52
Figura 23 - Evolução do overpack de embalagens de achocolatados entre julho e dezembro de 2025	57
Figura 24 - Redução de perdas associada ao overpack no custo de produção	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Peso em gramas de 20 potes de achocolatados coletados para investigação de overpack	54
Tabela 2 - Exemplo de coleta de parâmetros genéricos da máquina de envase	56

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar – Improve, em inglês – e controlar
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
PIQ	Padrão de Identidade e qualidade
APPCC	Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
DE	Departamento de Empacotamento
TPS	Sistema Toyota de Produção
5W2H	What, Why, Who, When, Where, How and How much 6Ms Método, Máquina, Medida, Meio Ambiente, Material e Mão de Obra
<i>Overpack</i>	Produto colocado a mais na embalagem
Setpoint	Valor “alvo” a ser seguido

Uso de Inteligência Artificial

Em conformidade com as diretrizes de integridade acadêmica, declara-se que a ferramenta de Inteligência Artificial Gemini (desenvolvida pelo Google) foi utilizada como suporte metodológico e visual no desenvolvimento deste trabalho.

A ferramenta foi empregada especificamente para a geração e refinamento de ilustrações técnicas, incluindo o fluxograma do processo produtivo.

A extensão da contribuição da IA limitou-se à renderização gráfica e ao design visual dos esquemas. Toda a fundamentação teórica, o levantamento e identificação das causas nos 6M (Máquina, Método, Mão de Obra, Material, Medição e Meio Ambiente), bem como a análise crítica dos dados, as conclusões e as propostas de melhoria apresentadas são de autoria original do autor, baseados em observações do processo e fundamentação acadêmica.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Achocolatado em pó.....	17
2.2 Processo industrial de fabricação de achocolatado.....	18
2.2.1 <i>Abastecimento de ingredientes</i>	<i>20</i>
2.2.2 <i>Mistura simples.....</i>	<i>22</i>
2.2.3 <i>Moagem.....</i>	<i>24</i>
2.2.4 <i>Envase</i>	<i>27</i>
2.2.5 <i>Empacotamento</i>	<i>30</i>
2.3 Metodologia <i>Lean Six Sigma</i> e DMAIC	30
2.3.1 <i>Definir</i>	<i>32</i>
2.3.2 <i>Medir</i>	<i>36</i>
2.3.3 <i>Analisar</i>	<i>39</i>
2.3.4 <i>Melhorar</i>	<i>43</i>
2.3.5 <i>Controlar.....</i>	<i>45</i>
3 OBJETIVOS	47
3.1 Objetivo geral	47
3.2 Objetivo específico	47
4 MATERIAIS E MÉTODOS	49
4.1 Materiais	49
4.2 Métodos	49
4.2.1 <i>Definição do projeto.....</i>	<i>50</i>
4.2.2 <i>Mensuração do projeto.....</i>	<i>51</i>
4.2.3 <i>Análise do projeto.....</i>	<i>51</i>
4.2.4 <i>Melhoria do projeto</i>	<i>52</i>

4.2.5 Controle do projeto	53
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
5.1 Caracterização do desempenho Inicial do processo	54
5.2 Análise das causas do <i>Overpack</i>	55
5.3 Implementação da parametrização das máquinas.....	55
5.4 Avaliação dos resultados após a implementação das melhorias...	57
6 CONCLUSÕES	60
7 REFERÊNCIAS	61

1 INTRODUÇÃO

Com a crescente competitividade no setor industrial, empresas tendem a buscar a constante melhoria em seus processos produtivos. Em particular, a eficiência operacional de uma linha de produção é um fator crucial para a redução de custos e aumento de produtividade. Estudos apontam que uma melhoria de 30% no tempo de setup de uma indústria pode acarretar um aumento de até 50% na produtividade, indicando o grande valor de estudar formas de realizar essas melhorias (Pires, 2024).

O mercado de achocolatados brasileiro movimenta aproximadamente 700 milhões de reais por ano. Ao longo dos últimos anos esse mercado teve uma crescente de 15% ao ano (segundo dados da presente empresa de achocolatado). Isso demonstra a popularidade desse produto no Brasil, o que acarreta a busca pelo constante crescimento de empresas desse setor alimentício, objetivando manter-se de forma competitiva no mercado.

Neste contexto, uma indústria de achocolatado em pó enfrenta o desafio de aumentar sua eficiência e rendimento, o que impacta diretamente na capacidade de atendimento à demanda e agilidade de produção.

O presente trabalho tem como objetivo investigar o aumento da eficiência e rendimento da linha de produção utilizando a abordagem de melhoria de processo *Lean Six Sigma*, em específico, a metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar). Esta ferramenta é amplamente utilizada para identificar e eliminar desperdícios em processos, e contribui, de forma significativa, para otimizar diversos processos industriais.

A escolha do tema do presente trabalho de conclusão de curso é justificada

pela observação de uma possibilidade de melhoria de processo, em uma grande empresa alimentícia de achocolatado em pó. Essa observação gerou a oportunidade de estudar com mais afinco o processo produtivo do achocolatado em pó e as aplicações das diversas ferramentas da metodologia DMAIC, possibilitando a realização de um estudo de caso.

Este estudo tem um impacto considerável na indústria alimentícia, sobretudo em empresas que operam em grande escala e buscam constantemente a otimização de seus processos produtivos. A aplicação de metodologias como *Lean Six Sigma* e DMAIC para o aumento da eficiência e do rendimento traz benefícios amplos. Um dos principais é a melhoria na eficiência da produção, uma vez que o processo é eficiente, há redução de paradas e maior flexibilidade para rápida mudança entre diferentes lotes de produção, o que é particularmente útil em ambientes com alta variedade ou demanda flutuante. Além disso, a redução de custos operacionais é outro impacto positivo, uma vez que a diminuição de períodos de máquina parada significa menor gasto com energia, mão de obra e desperdícios de materiais e insumos.

O impacto futuro deste trabalho é igualmente promissor. Internamente, ele pode promover uma cultura de melhoria contínua, servindo de modelo para outras iniciativas dentro da empresa. Esse sucesso pode inspirar revisões em outros processos produtivos e incentivar o investimento em novas tecnologias, que promovem mais eficiência e rendimento, trazendo benefícios para a empresa. Além disso, ao reduzir o desperdício de materiais, o projeto contribui para práticas industriais mais sustentáveis e responsáveis do ponto de vista ambiental, alinhando a empresa com padrões cada vez mais exigidos de responsabilidade ambiental.

No longo prazo, a metodologia empregada neste estudo também pode inspirar adaptações em outros setores industriais, como o de bebidas, produtos de limpeza e

cosméticos, onde a flexibilidade na linha de produção é igualmente valorizada. Esse trabalho, portanto, não apenas traz melhorias significativas no presente para a empresa em questão, mas também estabelece uma referência para práticas mais eficientes e sustentáveis em várias indústrias, reforçando o valor de uma abordagem estruturada de otimização de processos industriais.

Além disso, a busca por maior eficiência produtiva está diretamente associada aos princípios da produção mais limpa, contribuindo para a redução do consumo de recursos naturais e da geração de resíduos industriais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para proporcionar uma melhor contextualização do trabalho, é fundamental apresentar alguns conceitos-chave, incluindo definições e detalhes do produto e o processo industrial de fabricação do estudo de caso, além da metodologia utilizada e das ferramentas empregadas para alcançar os resultados desejados.

2.1 Achocolatado em pó

Achocolatados são definidos como produtos alimentícios em pó, comumente consumidos na forma de bebida, após o acréscimo de leite, e possuem como ingredientes básicos cacau em pó, açúcar, aroma e outros componentes (Medeiros, 2006). No geral, sua formulação apresenta agentes de corpo (açúcar e maltodextrina) que conferem doçura ao achocolatado; agentes saborizantes (cacau e aromas) que atribuem sabor, sendo o cacau o responsável pelas propriedades nutricionais; ingredientes lácteos (leite desnatado, integral, soro e outros substitutos de leite) e emulsificantes (lecitina) (Vissotto, 2014).

No Brasil, existe o chamado Padrão de Identidade e Qualidade (PIQ), um conjunto de atributos que identifica e qualifica um serviço na área de alimentos que estipulam regras para rotulagem e medidas sanitárias e definem ingredientes necessários e variantes permitidas para a classificação de um alimento em uma categoria (Dias, 2021). Na legislação brasileira não existe um PIQ para a categoria de achocolatados; devido a isso, pode ser observada no mercado uma ampla variedade de formulações, normalmente ricas em açúcar e em ingredientes utilizados, como por exemplo aromas, que são incorporados nas formulações como substitutos de cacau

em pó (Vissotto, 2014).

De acordo com Fildman (2016) existem incongruências no regulamento técnico para chocolate e produtos de cacau, cuja porcentagem de seu índice de cacau apresentou um decréscimo a partir de 2005, assim como a falta de especificação das taxas mínimas de subprodutos de cacau e ausência do percentual de cacau nos rótulos dos produtos. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) possui a resolução RDC N° 264, de 22 de setembro de 2005, sobre o regulamento técnico para chocolate e produtos de cacau, que determina que o chocolate deve ter, no mínimo, 25% (g/100 g) de sólidos totais de cacau (ANVISA, 2005). Já a norma internacional estabelecida pelo programa *Codex Alimentarius* em 1981, na qual o Brasil faz parte, determina que o chocolate deve ter, no mínimo, 35% de sólidos totais de cacau em sua constituição final (Codex, 1981). O Codex Alimentarius é uma coleção de normas, códigos de conduta, diretrizes e recomendações reconhecidas internacionalmente, relacionadas a alimentos, sua produção e segurança alimentar.

2.2 Processo industrial de fabricação de achocolatado

A tecnologia de alimentos é o ramo que estuda as diferentes técnicas relacionadas aos processos de industrialização de produtos de origem vegetal e animal. Em especial, para produtos alimentícios em pó, como o achocolatado, esse ramo da engenharia abrange a produção, processamento, análise e uso de partículas. Para o desenvolvimento de melhorias desses produtos é necessário que existam constantes estudos nessa área. Para escolher a melhor forma de realizar o processamento do achocolatado em pó é importante ter clareza das características finais do produto

desejado, sendo possível determinar a formulação e os parâmetros de processo ideais para fabricar esse produto (Barros, 2013).

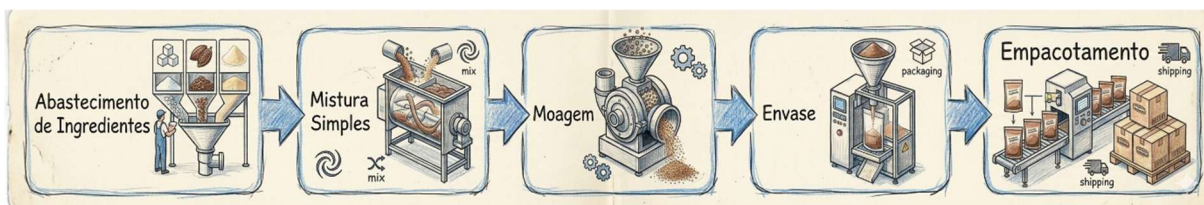
Existem diferentes processos utilizados na fabricação de achocolatados em pó; alguns deles são: mistura simples, *spray-drying* e aglomeração. O processo de mistura simples trata-se da junção de dois ou mais ingredientes com o intuito de obter um produto homogêneo (Nespolo, Oliveira, *et al.*, 2015).

O processo *spray-drying* auxilia na instantaneização de pós. A alimentação do *spray-dryer* é usualmente uma solução líquida, suspensão ou pasta, que é pulverizada ao ser passada por bicos. Dessa forma, a parte líquida é atomizada e transformada em um pó. A maioria das partículas atomizadas tem formato esférico, fazendo com que seu fluxo se comporte de forma similar ao de fluidos, melhorando o manuseio e o envase. Essas partículas apresentam homogeneidade na composição e distribuição de tamanho, o que é crucial para a qualidade do produto (Lannes e Medeiros, 2003).

Já a aglomeração, ou granulação, é o processo empregado para aglomerar partículas, com o objetivo de melhorar as propriedades físicas do produto (Nespolo, Oliveira, *et al.*, 2015). As partículas podem ser aglomeradas por granulação a úmido ou seco, por sistema de leito fluidizado ou por granulação térmica (Eduardo, 2005).

Para o estudo de caso em questão, as etapas do processo de produção de achocolatado em pó são: abastecimento de ingredientes, mistura simples, moagem, envase e empacotamento. A Figura 1, apresenta o fluxograma do processo descrito.

Figura 1 - Fluxograma do Processo de achocolatado em pó



Fonte: Gerada por Gemini (2026) via prompt “Ilustre um processo industrial de achocolatado com: abastecimento, mistura simples, moagem, envase e empacotamento”

2.2.1 Abastecimento de ingredientes

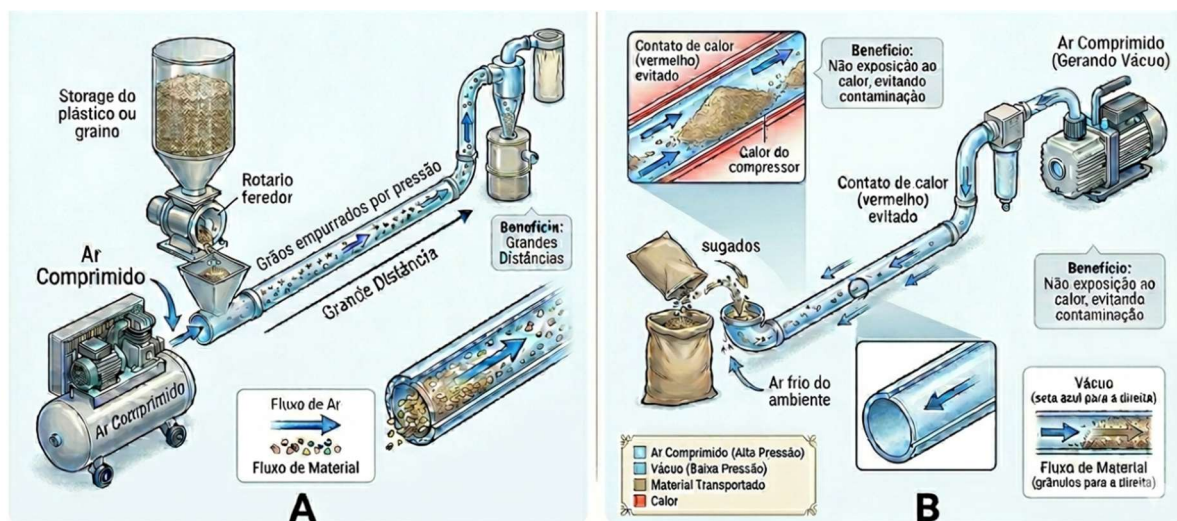
Com uma formulação contendo diversos insumos sólidos em pó, o processo de produção de achocolatado deve se atentar a forma que o abastecimento de ingredientes é realizado. Algumas formas podem ser utilizadas como transporte pneumático ou transportador de parafuso.

O transporte pneumático pode ser aplicado para transportar produtos que variam desde pós finos até grãos. Através de uma tubulação (vertical, horizontal ou inclinada), uma corrente de fluido é gerada por um ventilador, soprador ou compressor, realizando o deslocamento do material dentro de um processo. Os principais fatores a serem avaliados para o transporte de um sólido são a capacidade de movimentação, distância e desnível entre carga e descarga, natureza do material e custos de aquisição, operação e manutenção (Romero, Viganó e Moser, 2015).

Segundo Atlas Copco (2024), o transporte pneumático pode ocorrer de duas formas, como representado na Figura 2. O transporte de pressão positiva ou transporte de pressão (Figura 2 a) utiliza o ar comprimido para “empurrar” um material, tendo como benefício desse método sua utilização em situações onde há grandes distâncias. Já o transporte de pressão negativa ou transporte a vácuo (Figura 2 b) utiliza o ar comprimido para “sugar” um material. Como vantagem a esse método apresenta-se a não exposição e aquecimento do produto por contato com o calor

gerado no processo de compressão de ar, evitando sua contaminação.

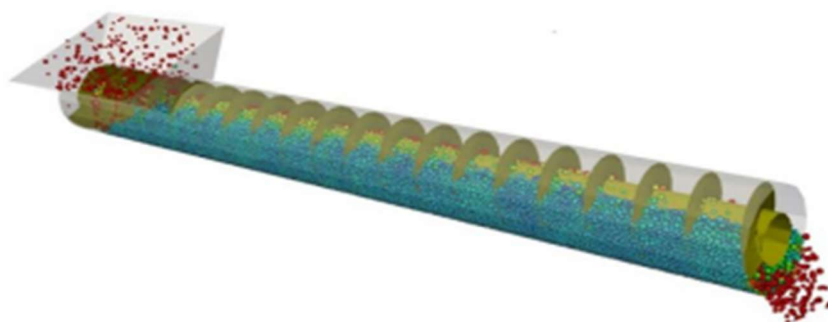
Figura 2 - Transporte Pneumático



Fonte: Gerada por Gemini (2026) via prompt “Ilustre um sistema de transporte pneumático de grãos, dividido em sistema A pressão positiva com compressor de ar e sistema B por vácuo”

Também conhecido como rosca transportadora ou transportador helicoidal, o chamado transportador de parafuso é um equipamento amplamente utilizado para deslocar materiais de forma contínua e eficiente, especialmente para ingredientes a granel que são presentes na indústria alimentícia. O equipamento (Figura 3) contém um tubo com uma hélice em espiral, que gira e impulsiona o material ao longo do seu comprimento (Naves, 2024).

Figura 3 - Transportador de parafuso



Fonte: Naves (2024).

2.2.2 Mistura simples

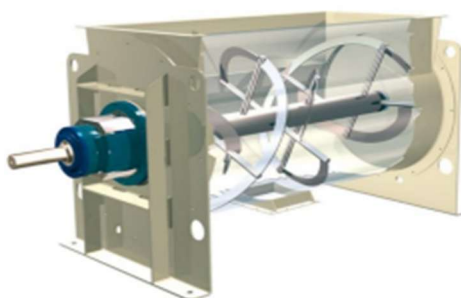
De acordo com Cremasco (2018), a operação unitária de mistura está associada a movimentação de duas ou mais fases, através da dispersão de uma na outra, deste modo, ocorre a redução da heterogeneidade entre os compostos. As técnicas utilizadas nesta operação são encontradas em diversos processos dentro de indústrias de transformação, um exemplo é a indústria de alimentos, principalmente em alimentos na forma de pós, pois a distribuição uniforme dos componentes presentes no produto afeta diretamente sua qualidade, podendo alterar suas propriedades funcionais e características sensoriais.

Vale ressaltar que a mistura de sólidos é mais complexa quando comparada a líquidos e pastas viscosas, não é possível atingir uma mistura completamente homogênea para compostos na forma de pós secos ou sólidos particulados. O grau da mistura é intrinsecamente relacionado às propriedades físicas dos ingredientes, visto que apresentam diferentes tamanhos, formas, densidade, rugosidade, teor de umidade, tendência de aglomerar e granulometria. Também é importante salientar que a mistura de sólidos pode promover tanto a homogeneização quanto a segregação dos compostos, o que é o contrário esperado nessa operação (Barros, 2013; Matos, 2015).

A seleção do equipamento utilizado nessa operação unitária varia de acordo com as propriedades dos materiais misturados, suas características, o volume de produção e grau de mistura desejado, lembrando sempre de procurar o equipamento que atinja as especificações com menor gasto energético. Alguns equipamentos comuns utilizados para a mistura de pós secos e materiais particulados são: misturador de fitas e misturador de rosca vertical (Fellows, 2019).

O misturador de fitas (Figura 4) possui uma ou mais lâminas finas de metal na forma de hélice (chamadas de fita), que realizam um giro ao redor do eixo central, o que promove a mistura dos componentes. Esse equipamento é amplamente utilizado na indústria alimentícia para ingredientes secos e com pequenas partículas (Fellows, 2019).

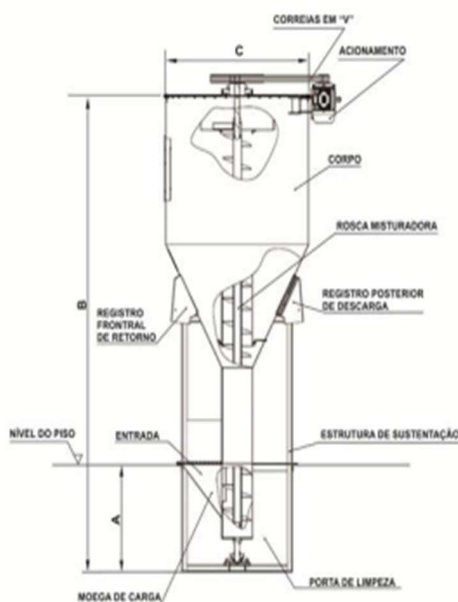
Figura 4 - Misturador de fitas



Fonte: Concepte (2024).

O misturador de rosca vertical (Figura 5) possui uma rosca giratória vertical dentro de uma estrutura cônica, essa rosca gira ao redor de um eixo central, promovendo a mistura dos compostos. Esse equipamento é adequado para incorporar pequenas quantidades de ingredientes em uma massa de material (Fellows, 2019).

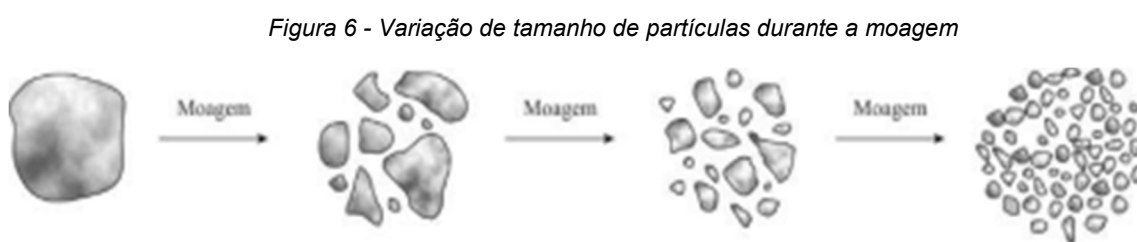
Figura 5 - Misturador de rosca vertical



Fonte: Artabas (2024).

2.2.3 Moagem

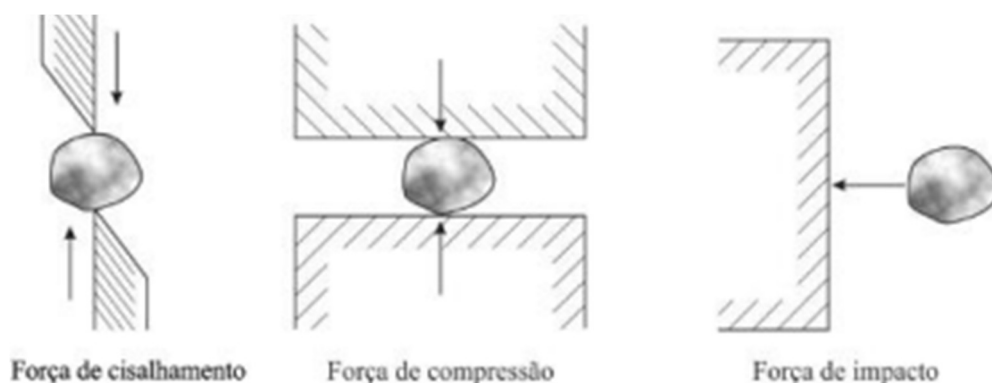
Também chamada de cominuição ou redução de tamanho, a moagem é uma operação unitária que visa transformar partículas sólidas em partículas menores através de uma ação mecânica. Dentro da indústria, diversos processos possibilitam essa transformação, como esmagar, picar, porcionar, triturar e fatiar, entre outros (Perrechil, Picone e Cunha, 2015). O processo de redução de tamanho de um composto proporciona diversos benefícios ao produto, pois aumenta consideravelmente a capacidade de solubilização desses materiais, a taxa de aquecimento, resfriamento e secagem, além de aumentar a velocidade de reações químicas. Vale salientar que, apesar desses benefícios, o processo de moagem é de difícil controle em relação a distribuição de tamanho das partículas, pois durante a operação de moagem as partículas mais grossas são fraturadas, enquanto as mais finas permanecem com pouca variação, esse processo ocorre até que a faixa de tamanho de partícula tenha um tamanho predominante, como apresentado na Figura 6 (Perrechil, Picone e Cunha, 2015).



Fonte: Perrechil, Picone e Cunha (2015).

Existem três diferentes forças que atuam no processo de moagem de um sólido: cisalhamento, compressão e impacto (Figura 7), a predominância do tipo de força atuante depende de qual equipamento é utilizado no processo (Perrechil, Picone e Cunha, 2015).

Figura 7- Tipos de forças existentes no processo de moagem



Fonte: Perrechil, Picone e Cunha (2015).

Alguns fatores influenciam diretamente o gasto energético necessário para fragmentar um material como: suas propriedades, por exemplo, a dureza, friabilidade e firmeza; as condições ambientes, como a temperatura e umidade; e a escala de redução de tamanho desejada (Perrechil, Picone e Cunha, 2015). Os equipamentos para fragmentação de sólidos podem ser divididos em três grupos: britadores, trituradores e moinhos, a escolha apropriada depende das variáveis citadas e da redução desejada das partículas (Matos, 2015). Para o processamento de achocolatado, por exemplo, que envolve matérias-primas em pó, que devem ser reduzidas a pós finos, os equipamentos mais indicados são moinho de martelo e moinho em disco (Fellows, 2019).

O moinho de martelo (Figura 8) apresenta a força de impacto como o principal tipo atuante nesse processo de moagem; é indicado para produtos quebradiços, duros e fibrosos, com um grau de finura que pode atingir partículas que variam de tamanho médio a ultrafino. Esse equipamento possui uma câmara cilíndrica, revertida com uma placa quebradora e um rotor de alta velocidade, no interior da câmara. A parte externa do rotor é equipada com martelos oscilantes (pedaços retangulares de aço). A alimentação é feita pela parte superior do equipamento, e o material é parti-

culado pelas forças produzidas pelo repetido impacto dos martelos quando estes jogam o alimento contra a placa quebradora e pelos impactos partícula-partícula (Geankoplis, 1998).

Figura 8 - Moinho de martelo



Fonte: Iconmaq (2022).

O moinho em discos apresenta as forças de impacto e cisalhamento como as principais atuantes nesse processo de moagem, é indicado para produtos quebradiços e fibrosos, com um grau de finura podendo atingir partículas que variam de tamanho médio a ultrafino. Existem alguns designs de moinhos de discos, os quais, em sua maioria, utilizam a força de cisalhamento e impacto para promover a moagem, o moinho de pinos e discos, (Figura 9), por exemplo, possui pinos reticulados fixos a um único disco e invólucro (Fellows, 2019).

Figura 9 - Moinho de pinos e discos



Fonte: Fellows (2019).

2.2.4 Envase

Após todo o processo de transformação da matéria-prima no produto desejado, é necessária atenção ao seu envase. Ter o cuidado de escolher a embalagem correta para o alimento, estudar a melhor forma de realizar o envase e o fechamento do recipiente, ter atenção ao controle de peso e à detecção de metais são etapas importantes na indústria alimentícia.

O propósito da embalagem é conter os alimentos e protegê-los de uma gama de riscos durante a distribuição e armazenagem. Além de ser imprescindível para a conservação do produto e de suas qualidades, a embalagem tem um papel muito importante na atração do produto perante o consumidor. Existem diversos tipos de embalagens, a escolha do material apropriado de embalagem em uma indústria alimentícia é muito importante pensando do ponto de vista de qualidade, visto que a embalagem não deve interagir com o produto e modificá-lo, além disso, a embalagem deve ter uma operação fácil, eficiente e econômica na linha de produção para o enchimento, fechamento e montagem de blocos em alta velocidade (Mello, Martins, *et al.*, 2018).

Para a indústria de achocolatado em pó, os tipos de embalagens que são comumente vistos são embalagens flexíveis e recipientes plásticos rígidos e semirrígidos. A Figura 10 apresenta alguns tipos de embalagens que podem ser utilizados nesse tipo de indústria.

Figura 10 - Exemplo de embalagens de filmes



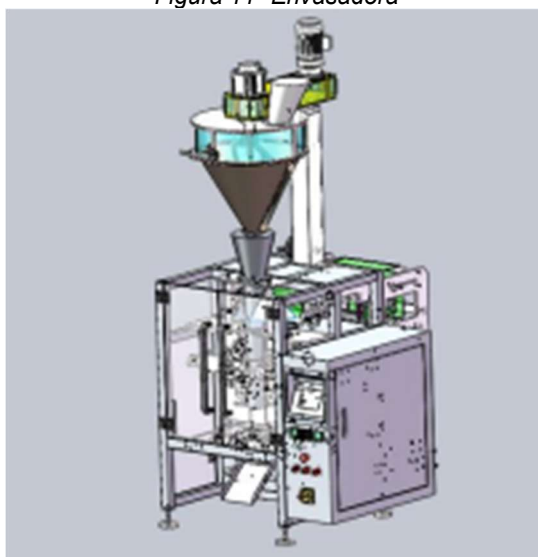
Fonte: Você sabe o que são embalagens plásticas flexíveis? (2020).

Embalagem flexível é aquela que não tem formato definido, aquela que toma forma do produto embalado. Utilizar esse material como embalagem traz algumas vantagens, como: fácil de ser moldado, apresenta uma barreira contra a umidade, pode ser selado por aquecimento para evitar o vazamento do conteúdo, adequado para enchimento em alta velocidade, facilidade de manuseio e impressão e custo relativamente baixo. Para produtos em pó, como o achocolatado, essa embalagem é moldada no formato de sachês com um fechamento tipo borda, que possui uma solda na extremidade da embalagem (Fellows, 2019).

Os recipientes de plástico rígidos e semirrígidos na forma de pote também podem ser uma outra opção para embalagem de achocolatado em pó. Algumas vantagens podem ser citadas sobre esse material quando comparado ao vidro e ao metal:

baixo peso, diminuindo o custo ao longo da cadeia de transporte por exemplo; menor custo devido o custo energético de seu processo de fabricação; moldados com facilidade e mais resistentes a quebra (comparado ao vidro) e a químicos (comparado ao metal). Para o processo de envase de sólidos particulados pequenos, uma máquina de envase vertical (Figura 11) pode ser utilizada (Fellows, 2019).

Figura 11- Envasadora



Fonte: Jones (2024).

Por último, na etapa de envase ocorre o controle de peso e detecção de metais. O controle de peso é realizado por uma controladora de peso (balança), que visa garantir a conformidade do produto entregue ao consumidor, ou seja, que ele contenha no mínimo o peso exigido para os pacotes individuais fabricados, caso contrário esse pacote é retirado da linha de produção de forma automática (Fellows, 2019). A detecção de metais é um importante sistema APPCC (Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle), que consiste em um sistema de controle sobre a segurança do alimento mediante a análise e controle dos riscos biológicos, químicos e físicos (Gov, 2024). Esse sistema é utilizado para detectar e retirar do processo possíveis contaminações nos produtos por fragmentos de metais que podem ocorrer durante o processo produtivo por quebras e desgaste dos equipamentos.

2.2.5 Empacotamento

O empacotamento, ou DE (departamento de empacotamento) é a etapa final do processo produtivo antes de seu escoamento para os centros de distribuição e chegada ao consumidor. Essa etapa visa alocar os produtos em blocos maiores para serem transportados de forma mais compacta, sem serem danificados.

Pensando na indústria de achocolatado em pó, os sachês ou potes contendo o produto são armazenados em caixas, empilhados em paletes e, por fim, envoltos por um filme *stretch* para seu transporte. Vale comentar, que essa etapa pode ser feita de forma manual ou automática, através de robôs (Figura 12).

Figura 12 - Esquema de empacotamento automatizado



Fonte: ABB (2015).

2.3 Metodologia *Lean Six Sigma* e DMAIC

O *Lean Six Sigma* é uma metodologia de gestão combinada voltada para a melhoria contínua de processos, é a junção das metodologias *Lean* e *Six Sigma*. *Lean*

(enxuto, traduzido do inglês) é um pensamento que concentra a ideia de agregar mais valor ao cliente, melhorando e suavizando o fluxo de processos e eliminando desperdícios. Foi desenvolvido em sua maioria pela Toyota por meio do TPS (Sistema Toyota de Produção) (Brenig-Jones e Dowdall, 2023). Para concretizar o pensamento *Lean* é preciso manter em mente cinco princípios fundamentais: identificar o que é valor para o cliente; mapear o fluxo de produção e quais os desperdícios existentes; implementar um fluxo contínuo; deixar o cliente puxar a produção e buscar a perfeição aprimorando constantemente o processo (Costa e Jardim, 2017).

Desenvolvido por volta de 1980 dentro da Motorola, o *Six Sigma* consiste em uma abordagem sistemática e robusta de melhoria de processo de forma consistente e confiável. Existem alguns princípios fundamentais que cercam essa metodologia, sendo eles: entender as exigências e expectativas dos clientes; entender o processo de sua empresa e garantir que eles reflitam nas exigências dos clientes; gerenciar com base em dados e reduzir variações; envolver as pessoas nos processos e efetuar atividades de melhoria de forma sistemática (Brenig-Jones e Dowdall, 2023).

Neste contexto, ambas as metodologias buscam a melhoria contínua de processos e apresentam conceitos parecidos e complementares, a junção desses dois conceitos forma a metodologia *Lean Six Sigma*, que proporciona um conjunto de princípios, técnicas e ferramentas que tendem a aumentar a eficácia e eficiência de um processo. Junto a isso, a metodologia também inclui gerenciamento a mudança, aplicação de conceitos ágeis, emprego de inovação e prática de gestão de projetos, conceitos cada vez mais requisitados pelo mercado, visto auxiliam no aumento de produtividade das empresas (Brenig-Jones e Dowdall, 2023).

Dentro do conceito *Lean Six Sigma*, há a metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar – *Improve*, em inglês – e controlar) que tem como principal objetivo

melhorar processos existentes de forma sistemática através da utilização de ferramentas *Lean Six Sigma* (Brenig-Jones e Dowdall, 2023). A Figura 13 apresenta um breve resumo de cada uma das fases, vale ressaltar que o avanço para as próximas fases só ocorre com a validação e aprovação do trabalho realizado nas etapas anteriores.

Figura 13 - DMAIC



Fonte: Matsumota (2020).

2.3.1 Definir

O início de um projeto de melhoria de um processo deve ocorrer com um problema que é observado e deve ser resolvido. A etapa D, nomeada definir, é o primeiro passo para aplicar a metodologia DMAIC, nela o escopo do projeto, problema, objetivo a ser alcançado e a equipe que fará parte da execução do projeto serão definidos (Brenig-Jones e Dowdall, 2023). De acordo com Werkema (2012), algumas questões importantes que devem ser respondidas nessa etapa são:

- Qual problema será tratado? Pode ser um resultado indesejado ou uma oportunidade de melhora detectada.
- Qual a meta a ser atingida?
- Quem são as pessoas afetadas pelo problema?

- Qual processo está relacionado ao problema?
- Qual o impacto econômico do projeto?

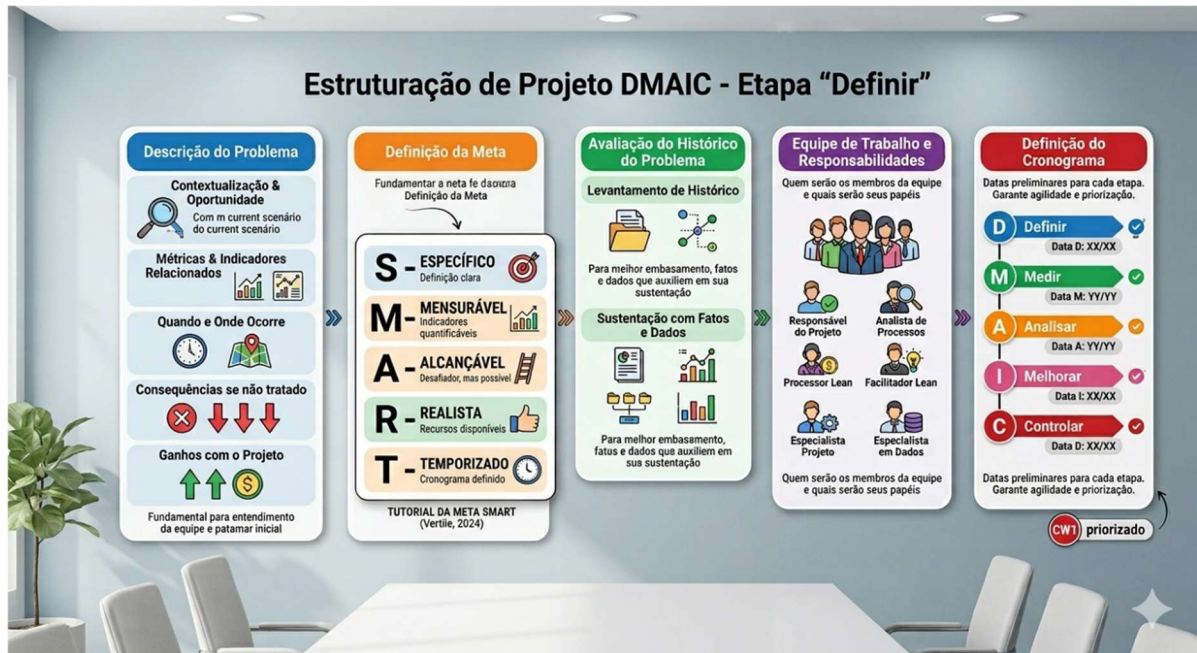
As ferramentas utilizadas nessa etapa são: carta do projeto, VOC, SIPOC, matriz RACI e plano de comunicação.

A primeira ferramenta dessa etapa é a carta do projeto, mais conhecida como *Project Charter* (do inglês), é um documento que pode ser considerado como uma espécie de “contrato”, estabelecido entre o responsável pelo projeto, a equipe e os gestores da empresa (Werkema, 2012).

O modelo utilizado para a carta do projeto varia de acordo com cada empresa, entretanto, algumas informações devem estar nesse documento como mostra a Figura 14.

Vale destacar, que um dos pontos mais importantes da etapa definir é a ferramenta SMART (figura 15), pois a partir dela se foi possível chegar em uma meta de *overpack* atingível, porém desafiadora, em um tempo de 6 meses. Dessa forma, foi definido que, no tempo proposto, a meta seria de um *overpack* de 1%, sendo monitorado com inspeções semanais o progresso do projeto.

Figura 14 - Etapa Definir



Fonte: Gerada por Gemini (2026) via prompt "Ilustre uma estruturação da etapa Definir da metodologia DMAIC, enfatizando a ferramenta SMART"

Figura 15 - Método SMART



Fonte: Vertile (2024).

A segunda ferramenta dessa etapa é a VOC, sigla que significa Voz do Cliente

(*Voice Of the Customer*, do inglês), um conjunto de dados que representam as necessidades, expectativas e percepções do cliente. É possível obter os dados do que o cliente deseja através de resultados de pesquisas de mercado, em grupos de discussão, acessos ao site de sua organização, reclamações ou até conversas diretas, caso o cliente seja uma pessoa em específico, como um diretor ou gerente (Brenig Jones e Dowdall, 2023).

A terceira ferramenta utilizada é o SIPOC é o acrônimo, em inglês, para fornecedores (*Suppliers*), insumos (*Inputs*), processo (*Process*), produtos (*Outputs*) e consumidores (*Customers*). É uma ferramenta, utilizada para mapear um processo, de forma mais ampla, reunindo as informações relacionadas a ele (Galvão, 2023).

A última ferramenta da fase definir é a matriz RACI (acrônimo, em inglês, para Responsible, *Accountable*, *Consulted and Informed*, pode ser traduzido como Responsável, Autoridade, Consultado e Informado), também conhecida como matriz de responsabilidades, ferramenta com um objetivo de auxiliar na organização e visualização das atividades de cada pessoa envolvida no projeto. Essa ferramenta apresenta quatro designações diferentes, que podem ser atribuídas aos membros da equipe (Souza, 2024), como observado na Figura 16.

Figura 16 - Designações RACI



Fonte: Gerada por Gemini (2026) via prompt "Gere uma imagem com as definições da matriz RACI"

Vale destacar a importância da transparência com a equipe ao utilizar essa ferramenta, garantindo que todos estão cientes e concordam com seus papéis e responsabilidades ao longo do projeto.

2.3.2 Medir

Durante a etapa definir foram esclarecidas todas as questões em volta do problema, a próxima etapa tem como objetivo observar como o trabalho é realizado atualmente, a fim de conseguir dados para estratificar o problema.

Na etapa M, nomeada Medir, é necessário embasar-se de fatos e dados para entender como os processos relacionados ao problema funcionam e que papel eles desempenham, dessa forma, é possível identificar o problema de forma mais eficaz (Brenig-Jones e Dowdall, 2023). Segundo Werkema (2012), para refinar e focalizar

melhor o problema é necessário responder duas questões: Que resultados devem ser medidos? Pensando na obtenção de dados úteis para a focalização do problema; Quais são os focos prioritários do problema? Através da análise dos dados medidos é possível identificar os principais focos associados ao problema.

As ferramentas utilizadas nessa etapa são: SMED, VSM, gráfico de Gantt e diagrama espaguete.

Para entender a ferramenta SMED é importante compreender o conceito de *setup* de uma linha de produção, que pode ser definido como um processo de mudança da produção de um item para outro em uma mesma máquina ou equipamento que exija troca de ferramentas e/ou ajustes. O tempo de *setup* pode ser definido como o tempo de parada do maquinário, seja na preparação ou troca de ferramental dos equipamentos do processo, esse tempo pode ser cronometrado entre a última unidade produzida de um ciclo até a primeira unidade, com qualidade, do ciclo seguinte (Lima, 2015).

Desenvolvida por Shigeo Shingo e publicada pela primeira vez em 1985, a metodologia SMED (*Single Minute Exchange of Die* – Troca de ferramental de apenas um dígito de minuto, traduzido do inglês) tem como objetivo principal realizar a redução dos tempos de *setup* de máquinas através da eliminação de tempos que não agregam valor (SUGAI, MCINTOSH e NOVASKI, 2007).

Segundo (Shingo, 1985), dentro do setor de manufatura, os *setups* podem ser classificados como eventos de duas formas: internos, quando um conjunto de atividades é realizada com a máquina parada e, externos, quando um conjunto de atividades é realizada com a máquina em funcionamento. A elaboração dessa metodologia é desenvolvida a partir das seguintes etapas:

Figura 17- Etapas SMED



Fonte: Gerada por Gemini (2026) via prompt “Gere uma imagem com as etapas do método SMED”

Outra ferramenta utilizada nessa fase é o mapeamento de fluxo de valor, tradução da sigla VSM (*Value Stream Mapping*), que tem um objetivo diagnóstico, ou seja, obter uma visão sistêmica do processo. Essa ferramenta possui uma simbologia própria que descreve todas as atividades envolvidas na geração de valor de um produto ou serviço, considerando o fluxo de material (operação de máquinas, movimentações, estoques etc.) e de informação (forma de comunicação entre todos os envolvidos do processo) (Sandrini, 2020).

Ao montar um VSM, é importante adicionar todas as etapas de fluxo do processo junto com informações pertinentes para ele, dessa forma é possível estudar os pontos focais do processo para aplicar melhorias. Para auxiliar na estratificação dos dados obtidos a partir do SMED é possível utilizar o gráfico de Gantt, um método

muito utilizado para representar a distribuição de trabalhos programados. Sua construção é feita por meio de barras horizontais no gráfico, que expressam o tempo do início ao fim de uma atividade (Junqueira, 2015).

Com o auxílio dessa ferramenta e o entendimento de como as atividades realizadas no processo se relacionam é possível rearranjá-las, eliminando *gaps* de processo e diminuindo o tempo em que elas são realizadas. Essa ferramenta pode ser utilizada para analisar dados coletados a partir da metodologia SMED, desse modo, é possível organizar os dados e ter uma visão mais clara das atividades realizadas durante o processo.

2.3.3 Analisar

Após a medição e coleta de dados do processo é possível ter uma maior clareza e enfoque de toda a situação a ser tratada, com isso, o próximo passo é conseguir encontrar a causa raiz, ou seja, o principal motivo que leva ao problema.

A Etapa A, Analisar, tem como objetivo principal descobrir o porquê do problema, baseado nos fatos e dados obtidos, elencando as possíveis causas para poder chegar à causa raiz (Brenig-Jones e Dowdall, 2023). Essa fase pode ser considerada a mais importante da metodologia DMAIC, pois nela são definidos quais as interferências principais, que geram as dificuldades do processo e, que serão tratadas. As ferramentas utilizadas nessa etapa são: diagrama de Ishikawa, os 5 porquês, matriz de priorização e diagrama de Pareto.

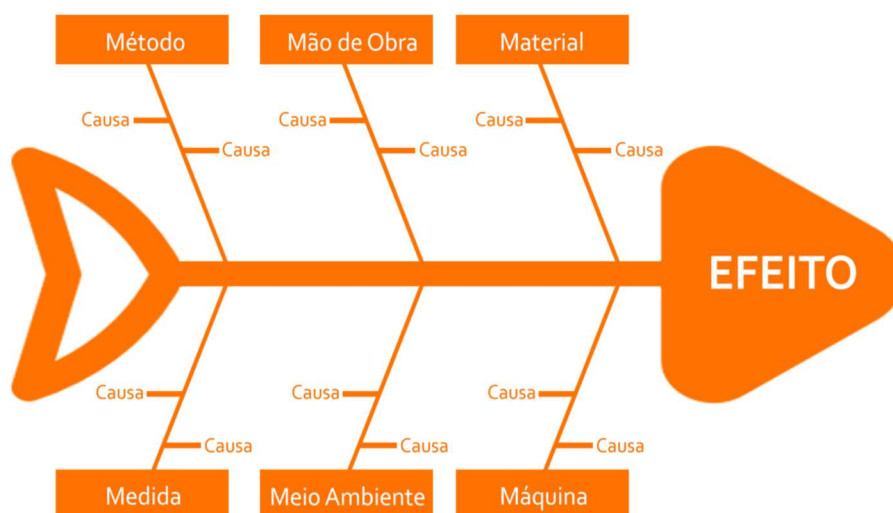
O Professor Kaoru Ishikawa idealizou o diagrama que leva seu nome, primeira ferramenta utilizada na etapa analisar, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou diagrama de espinha de peixe, essa ferramenta tem o objetivo de ilustrar graficamente os potenciais causas de um problema previamente definido (Abreu, 2018). No livro de Werkema (2014) é apresentado que essa ferramenta é utilizada

para mostrar a relação existente entre um resultado de um processo (efeito) e os fatores (causas) do processo que, por razões técnicas, possam afetar o resultado considerado.

Para estruturar um diagrama de Ishikawa (Figura 18) é necessário escrever o efeito principal, normalmente o problema central que está sendo tratado no projeto, seguido das “espinhas” maiores contendo os 6Ms, que são itens relacionados a processos dentro das organizações (Soares, 2024). Os 6Ms são:

- Método: Processos, normas, etapas, cronogramas e metodologia para criar o produto.
- Máquina: equipamentos e utensílios utilizados na fabricação do produto.
- Medida: Métricas e indicadores para medir, controlar e monitorar processo.
- Meio Ambiente: classificados como interno (layout, condições da planta etc.) e externo (clima, temperatura etc.).
- Material: matérias-primas utilizadas na fabricação do produto (estoque, fornecedor, entrega, uso, entre outros).
- Mão de Obra: colaboradores do processo (operadores, auxiliares, terceiros, liderança, entre outros).

Figura 18 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Soares (2024).

Para aplicar essa ferramenta é recomendado realizar um *brainstorming* (chuva

de ideias, tradução literal do inglês) com a equipe do projeto, além de especialistas no problema e processo envolvidos no projeto, dessa forma diferentes ideias das possíveis causas para o efeito podem ser levantadas, otimizando o uso da ferramenta.

A segunda ferramenta aplicada é a chamada “5 porquês”, utilizada para encontrar a causa raiz de um problema, leva esse nome pois a formulação da pergunta “porquê” é realizada 5 vezes, de forma consecutiva, até a compreensão do que de fato resultou no problema tratado.

Com a principal função de questionar o problema de forma repetitiva até encontrar sua verdadeira causa raiz, o método dos 5 porquês pode ser utilizado para fortalecer os resultados obtidos pelo diagrama de Ishikawa, procurando ir mais a fundo nas causas elencadas (Abreu, 2018). Para utilizar essa ferramenta é necessário declarar o problema e realizar a pergunta do porquê ele ocorre de forma sucessiva, as interrogações são feitas com base na última resposta, também vale ressaltar que usualmente a causa raiz é encontrada através dos cinco porquês, embora seja possível realizar a técnica com mais ou menos a depender do caso (Brenig-Jones e Dowdall, 2023). Um exemplo de implementação dessa técnica é apresentado na Figura 19.

Como citado por Pasin (2015), essa é uma técnica que estimula um pensamento orientado a resultados, desenvolvendo a mentalidade humana no processo de procura de ideias por meio da formulação de perguntas.

Figura 19 - Exemplo da implementação dos 5 porquês



Fonte: Pereira (2017).

Werkema (2012) afirma em seu livro que após o uso de ferramentas como o diagrama de Ishikawa e os 5 porquês são identificados diversas possíveis causas raiz para o problema. Validar essas causas exigiria uma coleta de dados para verificar as que, realmente, contribuem de modo significativo para a ocorrência do problema. Entretanto, visando a agilidade no projeto isso não é possível, portanto, o emprego de ferramentas como a matriz de priorização se faz necessário.

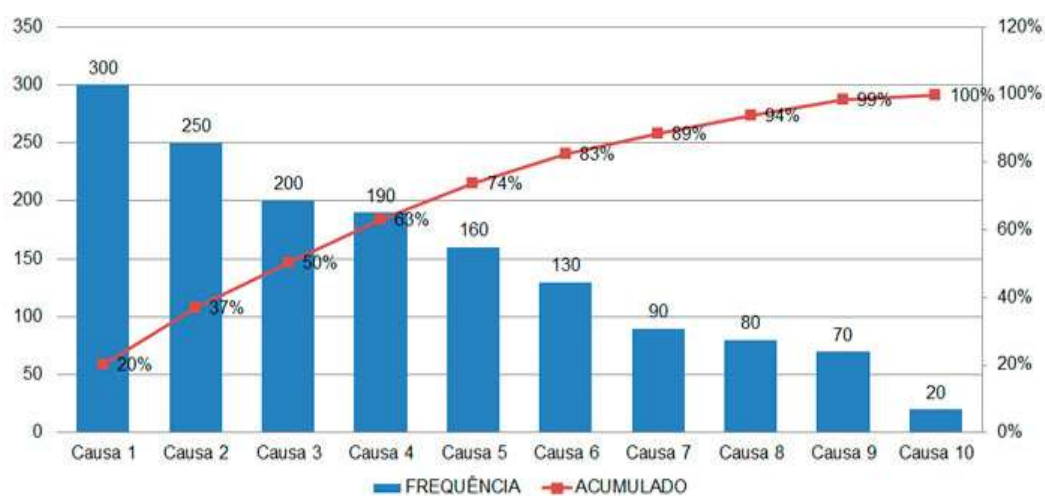
A Matriz de priorização correlaciona as saídas do processo às entradas e a outras causas potenciais dos problemas prioritários

As pontuações totais obtidas pela multiplicação das notas atribuídas, podem ser dispostas em um gráfico de Pareto, para sua priorização assertiva. De acordo com Brenig-Jones (2023), ao olhar para a distribuição de riquezas em seu país, o economista italiano Vilfredo Pareto observou que 80% da riqueza estava concentrada em 20% da população, a partir disso ele desenvolveu a ideia da regra 80:20, cujo 80% dos efeitos são gerados por 20% das causas, ideia que pode ser replicada em diversas áreas de atuação.

O diagrama de Pareto (Figura 20) é um gráfico de barras, ordenado de forma decrescente (a partir da barra mais alta até a mais baixa), junto a isso, há uma curva que mostra as porcentagens acumuladas de cada barra (Werkema, 2014).

Como já citado, essa ferramenta pode ser utilizada para escolher quais causas potenciais deverão ser priorizadas de acordo com a pontuação obtida com a matriz de priorização, pensando na regra 80:20. No caso do exemplo genérico apresentado na Figura 20, observa-se que as causas 1, 2 e 3 representam 80% dos efeitos, portanto, atuar nessas causas trará grandes resultados com menos esforços, já garantindo que a maior parte do problema será sanada.

Figura 20 – Exemplo de Diagrama de Pareto com a regra 80:20



Fonte: Adaptado de Saffi (2021).

2.3.4 Melhorar

Com a definição da causa raiz, é possível traçar quais serão os planos de ação necessários para suprir o problema principal encontrado. A etapa I, nomeada melhorar (Improve, do inglês), tem como objetivo encontrar soluções potenciais, ou seja, uma forma de lidar com a causa raiz encontrada, propondo ideias de melhoria e selecionando as melhores para testar (Brenig-Jones e Dowdall, 2023). De acordo com Wer-kema (2012), as perguntas-chave que devem ser respondidas nessa etapa são:

- Quais são as possíveis soluções?
- É necessário priorizá-las?

- É necessário testar as soluções? Como executá-las? E quais seus resultados?

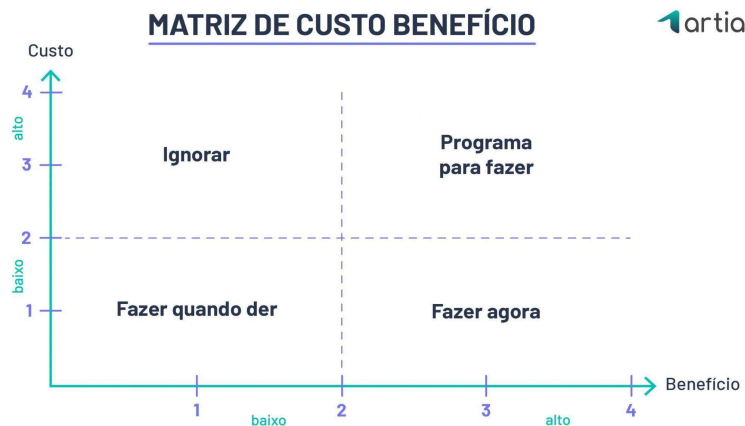
- As metas especificadas foram alcançadas?

As ferramentas utilizadas nessa etapa são: matriz de custo e benefício e matriz 5W2H.

Estando com as causas raízes que serão trabalhadas em mente é recomendado realizar um novo brainstorming, voltado para possíveis soluções para cada causa elencada. Essa atividade tende a trazer diversas ideias, porém não é viável realizar todas, dessa forma, faz-se necessário o uso da matriz de custo e benefício.

Os critérios utilizados para construir a matriz custo e benefício podem variar de acordo com a necessidade, para mantê-la de forma mais simples, uma matriz 2x2, como mostra a Figura 19, é construída e as potenciais soluções para o problema são mapeadas de acordo com o custo exigido para realizá-las e os benefícios que elas trazem (Brenig-Jones e Dowdall, 2023). As soluções serão priorizadas da seguinte forma: alto benefício e baixo custo são as mais desejáveis, devem ser a prioridade de elaboração; tanto baixo custo e baixo benefício como alto custo e alto benefício ficam no mesmo patamar, com a diferença de que um poderá ser realizado através de uma tarefa mais simples e o outro através de um projeto mais complexo; por fim, as soluções com alto custo e baixo benefício não devem ser realizadas ou devem ser deixadas por último.

Figura 21- Matriz Custo e Benefício



Fonte: Elaborado por Artia (2022).

Abreu (2018) afirma que “a ferramenta 5W2H é utilizada para desenvolver um plano de ação composto por etapas, tais como: *what* (o que fazer?), *why* (por qque fazer), *how* (como fazer?), *who* (quem será responsável?), *when* (quando? estabelece o prazo para a execução), *where* (onde será realizado?), *how much* (quanto custará a execução?).”

Essa ferramenta é utilizada para auxiliar na organização de todas as soluções que foram encontradas e priorizadas a princípio, com ela é possível detalhar todos os aspectos das ações propostas e realizar seu acompanhamento durante o projeto.

2.3.5 Controlar

Por fim, após realizar todas as quatro fases da metodologia, há a etapa C, nomeada controlar, o principal objetivo dela é garantir que a solução encontrada para o problema seja implementada e que o ganho com o projeto se mantenha de forma sistêmica e consistente, para que isso ocorra é necessário a implementação de procedimentos operacionais padrões e a comunicação para todos os envolvidos no

processo. Para validar essa a fase controlar é necessário comparar os dados antes e depois da implementação das soluções, deste modo, é possível ter um comparativo para afirmar que as metas foram atingidas (Brenig-Jones e Dowdall, 2023; Werkema, 2012).

Essa etapa é de extrema importância para impedir que o problema já resolvido retorne no futuro, invalidando todo o trabalho realizado. Ao finalizar o projeto e, portanto, a etapa controlar, é importante sumarizar todo o processo realizado durante a aplicação da metodologia, levantando as atividades realizadas, os aprendizados, o que foi implementado e os pontos não abordados, que podem ser oportunidades para novos projetos futuros.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo aumentar a eficiência operacional, o rendimento da linha de produção de achocolatado em pó, por meio da aplicação da metodologia Lean Six Sigma, com ênfase no ciclo DMAIC, focando na redução do *overpack*, que se refere a quantidade de produto na embalagem acima do peso indicado no rótulo, e na otimização dos parâmetros de processo, visando a diminuição de desperdícios, a melhoria do desempenho produtivo e a redução de custos operacionais contribuindo para a redução do desperdício de matéria-prima.

3.2 Objetivo específico

Para atingir o objetivo geral, este trabalho tem como objetivos específicos:

- Analisar o processo produtivo da linha de achocolatado em pó, identificando etapas críticas relacionadas à eficiência e ao rendimento de matéria-prima;
- Mapear o processo de envase e empacotamento, com foco na identificação das principais causas do *overpack*;
- Aplicar as ferramentas da metodologia *Lean Six Sigma* ao longo das etapas do ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar);
- Quantificar o impacto do *overpack* nos indicadores de eficiência, rendimento e custo do processo produtivo;
- Avaliar e implementar ajustes de parametrização do processo que contribuam para a redução do *overpack*;

- Validar os resultados obtidos por meio de indicadores de desempenho, garantindo ganhos mensuráveis e sustentáveis;
- Promover a padronização das melhorias implementadas, assegurando a manutenção dos resultados ao longo do tempo;
- Contribuir para a disseminação da cultura de melhoria contínua no ambiente industrial estudado.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho caracteriza-se como um estudo de caso aplicado, de natureza quantitativa e qualitativa, desenvolvido em uma indústria do setor alimentício, especificamente em uma linha de produção de achocolatado em pó. O estudo teve como foco a análise da eficiência operacional e do rendimento de matéria-prima, com ênfase na redução do *overpack* no processo de envase.

4.1 Materiais

A pesquisa foi conduzida em ambiente industrial real, ou seja, uma fábrica a qual apresenta processo de produção de achocolatado em pó no estado de São Paulo, permitindo a coleta de dados diretamente do processo produtivo e a avaliação prática das melhorias implementadas, no período compreendido entre julho de 2025 e dezembro de 2025. Além disso, para a realização do presente trabalho, foram utilizados os programas Power BI, Microsoft Excel e PowerPoint, para colocar em prática as ferramentas *Lean Six Sigma* de forma digital.

Em momentos de construção com a equipe do projeto, também foram utilizados materiais de escritório no geral, como canetas, quadro branco, papel com uma tira adesiva (popularmente conhecido como *post-it*), entre outros.

4.2 Métodos

A metodologia adotada foi o Lean Six Sigma, com aplicação do ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), amplamente utilizado para a melhoria

contínua de processos industriais. Essa abordagem possibilitou a identificação sistemática de desperdícios, a análise das causas raiz e a implementação de soluções sustentáveis para aumento da eficiência e do rendimento do processo.

Cada etapa do DMAIC foi conduzida com o uso de ferramentas específicas, descritas nas seções a seguir.

4.2.1 Definição do projeto

Na etapa “definir”, foi realizado o entendimento do problema relacionado ao excesso de produto no envase (*overpack*), que impactava negativamente o rendimento de matéria-prima e os custos operacionais da linha de produção e, também, problemas relacionados à parametrização de parâmetros das máquinas na linha de produção.

Foram definidos:

- O escopo do projeto;
- Os indicadores de desempenho relacionados à eficiência e rendimento;
- As metas de melhoria;
- As partes interessadas envolvidas no processo.

Nesta fase, também foi realizado o mapeamento preliminar do processo produtivo, permitindo uma visão geral das etapas envolvidas no envase e empacotamento do achocolatado em pó

4.2.2 Mensuração do projeto

Na etapa “medir”, foi realizada a quantificação do *overpack* por meio de coletas amostrais dos produtos envasados, visando à caracterização da variabilidade do peso final.

As medições envolveram:

- Pesagem de amostras representativas dos potes de achocolatado em pó;
- Registro dos dados de peso ao longo de diferentes períodos de produção;
- Levantamento das condições operacionais e dos parâmetros vigentes dos equipamentos de envase.

Esses dados permitiram o estabelecimento de uma linha de base do desempenho do processo, servindo de referência para as análises e intervenções posteriores.

Além disso, para cálculo do *overpack* se utilizou a equação (1).

$$Overpack = \frac{(Peso\ real - Peso\ nominal)}{Peso\ nominal} \quad (1)$$

4.2.3 Análise do projeto

Na etapa “analisar”, os dados coletados foram avaliados com o objetivo de identificar as principais causas do *overpack*, bem como sua relação com a parametrização das máquinas e as condições operacionais do processo.

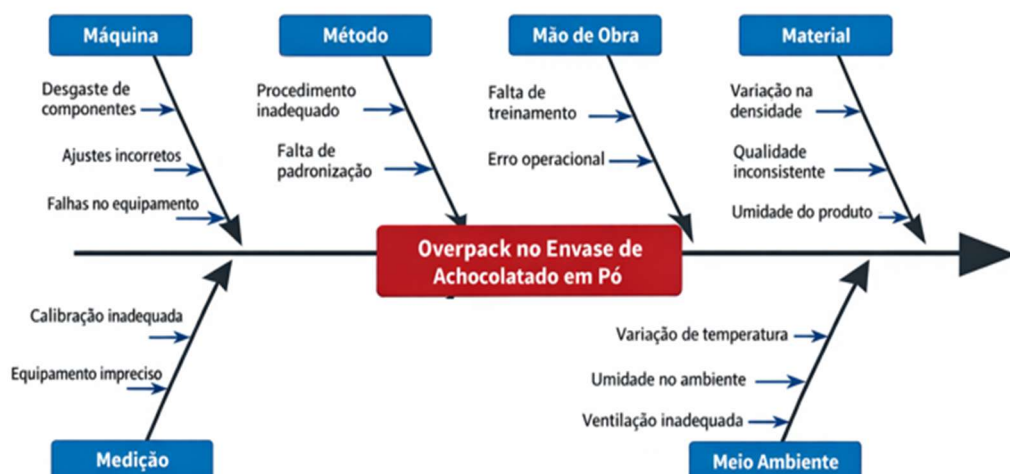
Foram realizadas:

- Análises da distribuição dos pesos dos produtos;
- Avaliações da influência dos parâmetros de envase sobre a variabilidade do processo;

- Identificação de pontos críticos relacionados ao setup e à estabilidade dos equipamentos.

Para apoiar a identificação das possíveis causas do *overpack*, foi elaborado um Diagrama de Ishikawa, considerando as principais categorias do processo produtivo, tais como máquina, método, mão de obra, material, medição e meio ambiente. Essa ferramenta possibilitou uma visão sistêmica dos fatores que poderiam influenciar a variabilidade do peso dos produtos envasados, servindo como base para a definição das ações de melhoria.

Figura 22 - Overpack no Envase de Achocolatado em Pó



Fonte: Elaborado pelo autor (2025), com base em dados coletados pelo grupo de trabalho / equipe de melhoria contínua.

4.2.4 Melhoria do projeto

Na etapa “melhorar”, foram propostas e implementadas ações voltadas à otimização da parametrização dos equipamentos de envase, com foco na redução do *overpack* e no aumento do rendimento do processo.

As ações incluíram:

- Ajustes controlados nos parâmetros operacionais das máquinas;
- Execução de testes sistemáticos para avaliação do comportamento do processo após cada ajuste;

- Definição de faixas operacionais mais adequadas para garantir estabilidade e conformidade do peso final.

Os procedimentos adotados buscaram equilibrar a redução do excesso de produto com a manutenção da qualidade e da conformidade do produto.

4.2.5 *Controle do projeto*

Na etapa “controlar”, foram estabelecidas ações para assegurar a sustentação das melhorias obtidas com a nova parametrização.

As principais ações de controle foram:

- Padronização dos parâmetros operacionais definidos;
- Monitoramento contínuo do peso dos produtos envasados;
- Acompanhamento periódico dos indicadores de rendimento e eficiência;
- Orientação da equipe operacional quanto aos novos padrões de processo.

Essas ações visam evitar a reincidência do *overpack* e garantir a estabilidade do processo ao longo do tempo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização do desempenho Inicial do processo

A partir das medições realizadas na etapa Medir do ciclo DMAIC, foi possível estabelecer uma linha de base do desempenho do processo de envase do achocolatado em pó. A coleta de dados foi realizada no mês de julho de 2025, por meio da amostragem de 20 potes de 370,00 g diretamente na linha de produção para medição do peso final. Os dados obtidos evidenciaram a existência de excesso sistemático de produto nos potes, caracterizando a ocorrência de *overpack*, o que impactava diretamente o rendimento de matéria-prima e a eficiência da linha de produção.

A análise inicial dos pesos dos produtos demonstrou elevada variabilidade em relação ao peso nominal (370,00 g), com uma média de 381,25 g e 3,04% de *Overpack*, indicando oportunidades de melhoria associadas à estabilidade do processo e à parametrização dos equipamentos de envase.

Tabela 1 - Peso em gramas de 20 potes de achocolatados coletados para investigação de overpack

Pesagens (g)	
385,20	389,73
389,23	380,92
381,93	376,20
384,40	375,32
386,90	385,59
377,40	386,37
377,50	371,49
379,58	388,96
379,69	375,10
382,75	380,67
Média:	381,25
Overpack:	3,04%

5.2 Análise das causas do *Overpack*

Com base na etapa de análise, os dados obtidos foram confrontados com as possíveis causas levantadas por meio do Diagrama de Ishikawa, permitindo uma avaliação mais aprofundada dos fatores que contribuíam para o *overpack*.

Observou-se que as principais causas estavam associadas, principalmente, à parametrização dos equipamentos de envase, à ausência de padronização adequada dos ajustes operacionais e à variabilidade do processo durante o setup da linha. Fatores relacionados à condição do material e à forma de operação também apresentaram influência sobre o desempenho do processo.

Esses resultados reforçam a importância da análise sistêmica do processo, uma vez que o *overpack* não estava relacionado a um único fator isolado, mas sim à combinação de variáveis operacionais.

5.3 Implementação da parametrização das máquinas

Com base nas causas identificadas na etapa de análise, foi desenvolvido um trabalho sistemático de levantamento e acompanhamento dos parâmetros operacionais das máquinas de envase. Para isso, os operadores da linha passaram a registrar os principais parâmetros das máquinas em cada turno de produção, permitindo a consolidação de um banco de dados representativo das condições reais de operação do processo.

A coleta dos parâmetros foi realizada de forma contínua ao longo dos turnos, contemplando diferentes condições operacionais, o que possibilitou a avaliação da variabilidade dos ajustes praticados e sua relação com o comportamento do processo de envase. Esse acompanhamento evidenciou diferenças nos parâmetros utilizados entre turnos e operadores, reforçando a necessidade de padronização.

A partir da análise dos dados coletados, foi possível identificar faixas operacionais (denominadas *range*) mais adequadas para cada máquina, capazes de proporcionar maior estabilidade ao processo e melhor controle do peso final dos produtos. Essas faixas serviram como base para a definição dos parâmetros ideais de operação, os quais foram posteriormente testados e validados.

Esse trabalho de coleta e análise de parâmetros foi fundamental para direcionar as ações de parametrização, permitindo uma abordagem baseada em dados e contribuindo para a redução do *overpack* e para o aumento da eficiência do processo de envase.

Tabela 2 - Exemplo de coleta de parâmetros genéricos da máquina de envase

Aquisição	Velocidade da rosca de enchimento (rpm)	Velocidade esteira (m/min)
1° Turno	160	30
2° Turno	180	45
3° Turno	182	35
<i>Range</i> Proposto	160-180	30-45

Fonte - Elaborado pelo autor (2025)

Vale destacar que os operadores orientados a anotarem os parâmetros utilizados durante os turnos de produção eram, prioritariamente, os mais experientes da linha de produção. Isso porque, percebeu-se que o desempenho das máquinas apresentava queda quando operadores menos experientes operavam. Então, as anotações realizadas pelos operadores mais experientes passaram a servir de “*setpoint*” para que os operadores mais novos tivessem um valor confiável para se basear. Dessa forma, além da criação da nova parametrização também se teve o benefício de aumentar o conhecimento da equipe de operação.

5.4 Avaliação dos resultados após a implementação das melhorias

Após a implementação das ações de melhoria relacionadas à parametrização das máquinas e ao controle dos parâmetros operacionais, foi possível observar uma redução significativa do *overpack* ao longo dos meses analisados, conforme apresentado na Figura 21. No período inicial do projeto, em julho de 2025, o processo apresentava um *overpack* médio em torno de 3,0%, evidenciando elevado desperdício de matéria-prima. Com a aplicação progressiva das melhorias, observou-se uma tendência contínua de redução, atingindo valores próximos de 0,8% em novembro de 2025, o que representa uma melhora expressiva no rendimento do processo. Em dezembro de 2025, verificou-se um leve aumento para 1,3%, ainda assim significativamente inferior ao valor inicial observado no início do projeto.

Figura 23 - Evolução do *overpack* de embalagens de achocolatados entre julho e dezembro de 2025



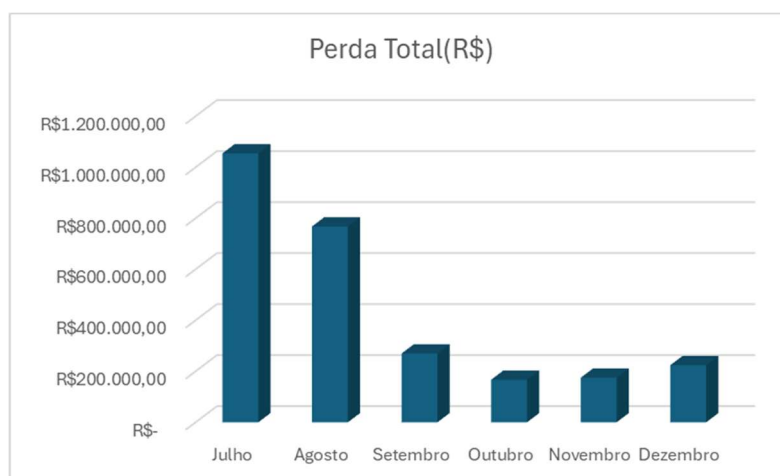
Fonte - Elaborado pelo autor (2026)

Essa pequena elevação no mês de dezembro pode estar associada a variações operacionais típicas do período, como mudanças de demanda, ajustes de produção ou maior rotatividade de operadores, não comprometendo, entretanto, os ganhos obtidos ao longo do projeto.

Além da redução do *overpack*, os resultados também evidenciaram uma diminuição das perdas expressivas associadas ao custo de produção conforme apresentado na Figura 24. Em julho de 2025, as perdas estimadas relacionadas ao excesso de produto atingiam aproximadamente R\$1,2 milhão, enquanto em dezembro de 2025 esse valor foi reduzido para cerca de R\$200 mil.

Ressalta-se que o custo total de produção apresentou variações ao longo dos meses, o que influencia diretamente o valor absoluto das perdas. Ainda assim, a redução do *overpack* contribuiu de forma significativa para a diminuição do desperdício de matéria-prima, evidenciando a efetividade das ações de parametrização e padronização implementadas no processo de envase.

Figura 24 - Redução de perdas associada ao *overpack* no custo de produção



Fonte - Elaborado pelo autor (2026)

De modo geral, os resultados obtidos demonstram que a aplicação estruturada da metodologia Lean Six Sigma, aliada à parametrização adequada das máquinas e à padronização operacional, foi eficaz na melhoria do desempenho do processo de envase, promovendo maior estabilidade, melhor aproveitamento de matéria-prima e redução de perdas.

Além dos ganhos operacionais, a diminuição do *overpack* contribuiu diretamente para a redução do consumo de matéria-prima, refletindo em menor geração de desperdícios e em ganhos econômicos expressivos. Sob a perspectiva da Engenharia Ambiental, esses resultados estão alinhados aos princípios de produção mais limpa, uma vez que a otimização do processo reduziu perdas na fonte, minimizando impactos ambientais associados ao consumo excessivo de insumos.

Ressalta-se que, apesar dos resultados positivos, o desempenho do processo pode ser influenciado por fatores externos, como variações de demanda, mudanças operacionais e rotatividade de operadores. Dessa forma, a manutenção dos ganhos obtidos depende da continuidade do monitoramento dos parâmetros e da padronização operacional estabelecida.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho atingiu plenamente o seu objetivo principal de otimizar o desempenho do processo de envase de achocolatado em pó por meio da aplicação estruturada da metodologia Lean Six Sigma e do ciclo DMAIC. A investigação inicial do desempenho do processo, realizada em julho de 2025, constatou que a linha operava com um overpack médio de 3,0%, evidenciando uma variabilidade crítica e um elevado desperdício de matéria-prima na fonte.

A partir da identificação das causas-raiz associadas à falta de padronização nos ajustes das máquinas de envase, foi implementada uma nova parametrização operacional baseada no histórico de melhores práticas da equipe. Após essa intervenção, o processo apresentou uma tendência contínua de melhoria, fazendo com que o overpack despencasse para 0,8% em novembro e consolidasse uma média de 1,3% em dezembro de 2025.

Essa redução drástica no excesso de produto por embalagem refletiu diretamente nos indicadores financeiros e de sustentabilidade da planta. As perdas geradas pelo desperdício de insumos, que totalizavam R\$ 1,2 milhão no início do projeto, foram reduzidas para aproximadamente R\$ 200 mil ao final do período, traduzindo-se em um ganho econômico real de R\$ 1 milhão para a organização. Sob a ótica da Engenharia Ambiental, a otimização consolidou os princípios de Produção Mais Limpa reduzindo as perdas diretamente na fonte e mitigando os impactos ambientais decorrentes do consumo excessivo de insumos industriais.

7 REFERÊNCIAS

- ABB. **Indústria de embalagem: Robôs e soluções para automação de linha.** ABB Ltda, 2015. Disponível em: <<https://library.e.abb.com/public/47a631d727bc4f898720565d8b4ce576/Industria%20de%20embalagem%20-%20Robos%20e%20solucoes.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2024.
- ABREU, M. F. D. **APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE PARADAS NÃO PROGRAMADAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA TELHA EXTRUDADA.** UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE. Sumé - PB. 2018.
- ANVISA. **RESOLUÇÃO-RDC N° 264, DE 22 DE SETEMBRO DE 2005.** Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. [S.l.]. 2005.
- ARTABAS. Produtos - **Misturador Vertical.** Artabas, 2024. Disponível em: <<https://www.artabas.com.br/Produto/10/misturador-vertical>>. Acesso em: 25 out. 2024.
- ARTIA. **Matriz de priorização de projetos: o que é e como usar.** Artia, [s.l.], [2024]. Disponível em: <<https://artia.com/blog/matriz-de-priorizacao-de-projetos/>>. Acesso em: 26 out. 2024.
- ATLAS COPCO. **Desmistificando os mitos do transporte pneumático de pressão positiva.** 2024. Disponível em: <<https://www.atlascopco.com/pt-br/compressors/industry-solutions/pneumatic-conveying-systems/positive-pressure-pneumatic-conveying-system-myths>>. Acesso em: 15 jul. 2026.
- BARROS, D. J. M. D. **Desenho e avaliação de formulações de achocolatados processados por processo convencional e instantâneo.** Universidade de São Paulo. São Paulo. 2013.
- BRAVAECO. **Misturadores.** Bravaeco - Projetos Especiais, 2021. Disponível em: <<https://www.bravaeco.ind.br/produto/misturador-rotativo/10>>. Acesso em: 25 out. 2024.
- BRENIG-JONES, M.; DOWDALL, J. **Lean Six Sigma Para Leigos.** Rio de Janeiro: Editora Alta Books, 2023. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788550820286/>>. Acesso em: 24 out. 2024.
- CODEX ALIMENTARIUS. **Standard for Chocolate and Chocolate Products (CXS 87-1981).** Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO); World Health Organization (WHO), 1981. Disponível em: <https://www.fao.org/input/download/standards/67/CXS_087e.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2026.
- CREMASCO, M. A. **Operações unitárias em sistemas particulados e fluidomecânicos e outros trabalhos.** 3ª. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2018. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521208563/>>. Acesso em: 08 nov. 2024.

DIAS, Ivanira Amaral. **Padrão de identidade e qualidade de gêneros alimentícios da agricultura familiar**. Brasília, DF: Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE), 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/fnde/>>. Acesso em: 15 jul. 2026.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática**. 4^a. ed. Porto Alegre: ArtMed, 2019. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582715260/>>. Acesso em: 26 out. 2024.

FIDELMAN, Aline. **Incongruências no Regulamento Técnico para Chocolate e Produtos de Cacau contidas na RDC 264/05 que interferem na qualidade do chocolate brasileiro e na saúde do consumidor**. 2016. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Gestão da Segurança de Alimentos) – Centro Universitário Senac, São Paulo, 2016.

GALVÃO, A. L. A. **Mapeamento de processos com SIPOC como apoio à cultura de inovação**. Haze Shift, 2023. Disponível em: <<https://hazeshift.com.br/sipoc/>>. Acesso em: 26 out. 2024.

GOOGLE. **Gemini**. Inteligência Artificial. Disponível em: <https://gemini.google.com>. Acesso em: 31 mai. 2026.

GOV. **Sistema APPCC (HACCP)**. GOV, 2024. Disponível em: <<https://www.gov.br/siscomex/pt-br/servicos/aprendendo-a-exportar/conhecendo-temas-importantes-1/sistema-appcc-haccp>>. Acesso em: 25 out. 2024.

ICONMAQ. Moinho de Martelo. **iconmaq**, 2022. Disponível em: <<https://www.iconmaq.com.br/equipamento-servico/moinho-de-martelo-9>>. Acesso em: 25 out. 2024.

JONES, B. **Vertical powder packaging machine**. GRABCAD Community, 2024. Disponível em: <<https://cad.grabcad.com/library/vertical-powder-packaging-machine-1>>. Acesso em: 06 nov. 2024.

LIMA, M. A. **Uma análise de setup interno e externo produção de embalagem sólidos, em indústria farmacêutica**. ENCITEC. [S.l.]. 2015.

MATSUMOTA, L. **O roteiro DMAIC na melhoria dos processos – Six Sigma – parte I**. Digital Strategy and IT Innovation, 2020. Disponível em: <<https://leonardo.matsumota.com/2020/05/27/o-roteiro-dmaic-na-melhoria-dos-processos-six-sigma-parte-i/>>. Acesso em: 26 out. 2024.

MEDEIROS, Magda Leite. **Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas de achocolatado em pó**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 26, n. 3, p. 666-671, 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/JxnbWPMt4hmy9NfFq3JTGWx/>>. Acesso em: 15 jul. 2026.

MELLO, F. R. D. et al. **Tecnologia de Alimentos para Gastronomia**. 2^a. ed. Porto Alegre: SAGAH, 2018. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595023291/>>. Acesso em: 08 nov. 2024.

NAVES. **Aplicações de DEM: Transportador de Parafuso**. Naves Engenharia, 2024. Disponível em: <<https://naves.eng.br/lorem-ipsam-dolor-sit-amet-elit-vip-site-naves/3/>>. Acesso em: 25 out. 2024.

NESPOLO, Cássia Regina; OLIVEIRA, Fernanda Arboite de; PINTO, Flávia Santos Twardowski; OLIVERA, Florencia Cladera. **Práticas em tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2015.

PASIN, M. A. V. **Melhoria de eficiência de máquinas pela metodologia dmaic em eventos kaizen**. Universidade Estadual Paulista "Júlio Mesquita Filho". Guaratinguetá - SP. 2015.

PEREIRA, A. **Ferramenta “5 Porquês” na causa-raiz**. Leanked, 2017. Disponível em: <<https://leanked.com/blog/ferramenta-5-porques-na-causa-raiz/>>. Acesso em: 08 nov. 2024.

PERRECHIL, F. D. A.; PICONE, C. S. F.; CUNHA, R. L. D. Operações de Redução de Tamanho. In: TADINI, C. C. **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos 1**. Rio de Janeiro: LTC, 2015. Cap. 8. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-3034-0/>>. Acesso em: 15 dez. 2024.

PIRES, Luiz. **Estratégias de redução de setup time em linhas de produção**. Sensio, 15 fev. 2024. Disponível em: <https://www.sensio.com.br/blog/estrategias-de-reducao-de-setup-time-em-linhas-de-producao>. Acesso em: 15 jul. 2026.

ROMERO, J. T.; VIGANÓ, J.; MOSER, P. Escoamento em Meios Porosos. In: TADINI, C. C. **Operações Unitárias na Indústria de Alimentos 1**. Rio de Janeiro: LTC, 2015. Cap. 6. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-3034-0/>>. Acesso em: 25 out. 2024.

SAFFI, L. P. **O que é o Princípio de Pareto**. Canal Sonho Grande, 2021. Disponível em: <<https://www.canalsongrande.com.br/post/principio-de-pareto-regra-80-20>>. Acesso em: 26 out. 2024.

SANDRINI, G. **Como aplicar o Value Stream Mapping? (VSM ou Mapeamento de Fluxo de Valor)**. Kimia Consultoria, 2020. Disponível em: <<https://www.kimia.com.br/value-stream-mapping-vsm-como-fazer-mfv/>>. Acesso em: 24 out. 2024.

SHINGO, S. **A Revolution in Manufacturing: The SMED System**. [S.l.]: Productivity Press, 1985.

SOARES, V. **Diagrama de Ishikawa: o que é, para que serve e como usar**. Na Prática - Fundação Estudar, 2024. Disponível em: <<https://www.napratica.org.br/diagrama-de-ishikawa/>>. Acesso em: 24 out. 2024.

SOUZA, K. D. **Matriz RACI: o que é e como aplicar?** Zeev, 2024. Disponível em: <<https://zeev.it/blog/matriz-raci-o-que-e-como-aplicar/>>. Acesso em: 26 out. 2024.

SUGAI, M.; MCINTOSH, R. I.; NOVASKI, O. **Metodologia de Shigeo Shingo (SMED): análise crítica e estudo de caso**. G&P. São Carlos. 2007.

SYSTEMS, G. **Sistema Transporte Pneumático**. Globe Systems, 2023. Disponível em: <<https://globesystems.com.br/globe-systems-transporte-pneumatico>>. Acesso em: 24 out. 2024.

VERTILE. **Método SMART: definindo metas inteligentes**. Vertile - Soluções Empresariais, 2024. Disponível em: <https://vertile.com.br/gestao/metodo-smart-definindo-metas-inteligentes/>. Acesso em: 25 out. 2024.

VISSOTTO, F. Z. **Estudo do processo de aglomeração com vapor e perda de qualidade por caking de achocolatados em pó**. Unicamp. Campinas - SP. 2014.

VOCÊ sabe o que são embalagens plásticas flexíveis? ABX Embalagens Plásticas, 2020. Disponível em: <[https://abx.com.br/voce-sabe-o-que-sao-embalagens plasticas-flexiveis/](https://abx.com.br/voce-sabe-o-que-sao-embalagens-plasticas-flexiveis/)>. Acesso em: 15 dez. 2024.

WERKEMA, C. **Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas**. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2014. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595152311/>>. Acesso em: 25 out. 2024.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e Demaic e Suas Ferramentas Analíticas**. Rio de Janeiro: GEN Atlas, 2012. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595154537/>>. Acesso em: 25 out. 2024.