

**UNIVERSIDADE ESTATUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
INSTITUTO DE QUÍMICA – CÂMPUS DE ARARAQUARA**

Heloísa Rodgher Bonimcontro

**Melhoria de Processo na Indústria de Alimentos: Otimização de Setup na  
Produção de Achocolatado**

**ARARAQUARA**

**2024**

Heloísa Rodgher Bonimcontro

**Melhoria de Processo na Indústria de Alimentos: Otimização de Setup na  
Produção de Achocolatado**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Química.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Kelly Johana Dussán Medina

**ARARAQUARA**

**2024**

B715m Bonimcontro, Heloísa Rodgher

Melhoria de processo na indústria de alimentos : otimização de setup na produção de achocolatado / Heloísa Rodgher Bonimcontro. -- Araraquara, 2024  
67 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Química) -  
Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Química, Araraquara  
Orientadora: Kelly Johana Dussán Medina

1. Alimentos - Indústria. 2. Chocolate. 3. Administração de projetos. 4.  
Aprendizagem ativa. 5. Seis sigma (Padrão de controle de qualidade). I. Título.

Heloísa Rodgher Bonimcontro

**Melhoria de Processo na Indústria de Alimentos: Otimização de Setup na  
Produção de Achocolatado**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado a Universidade Estadual  
Paulista “Júlio de Mesquita Filho” como  
parte dos requisitos para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Química.

Araraquara, 09 de dezembro de 2024

**Banca Examinadora**

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Kelly Johana Dussán Medina

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Lorena Oliveira Pires

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Geisa Albini

## **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 pais, Mauricio e Nair, por todo apoio e confiança em mim ao longo de toda minha graduação, obrigado por serem os pilares da minha vida.

À minha irmã, Fernanda Bonimcontro, por sempre me ouvir, incentivar e estar ao meu lado em cada momento.

Aos meus amigos que fiz durante os anos de graduação, Beatriz Luiz, Bruna Borges, Giulia Machado, Isabela Adamo, Isabelle Castilho, Lucas Gimenes, Maria Fernanda Curtolo, Pedro Tito e Yves Zuchini, por compartilhar comigo as alegrias e desafios dessa etapa de nossas vidas.

Aos meus professores de graduação, pelas correções e ensinamentos passados. Em especial, a Prof<sup>a</sup>. Dra. Kelly Medina, por ser minha orientadora e me guiar na elaboração desse trabalho.

Aos meus colegas de estágio, pelos conselhos e todo o auxílio que possibilitaram a elaboração desse projeto. Em especial, a Kassiélen da Silva, pela amizade e apoio durante a realização desse trabalho.

Ao meu cachorrinho Billy, por todo companheirismo ao longo desses anos, obrigado por aguentar meu carinho excessivo.

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

*“Precisa se perder para encontrar lugares  
que não se acham, se não todos saberiam  
onde eles ficam.”*

(Piratas do Caribe: No Fim do Mundo, 2007)

## 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 no tempo de *setup* para troca de formato nas áreas de envase e empacotamento. 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, destacam-se a redução significativa do tempo de *setup*, que foi reduzido em mais de 50%, possibilitando uma maior flexibilidade e capacidade de resposta da linha de produção; o aumento da produtividade, uma vez que a redução do tempo de parada contribuiu diretamente para que a linha operasse em capacidade máxima por períodos mais longos; a redução de custos operacionais, com economia em energia, mão de obra e desperdício de material; e a melhoria no fluxo de trabalho e na organização do processo, resultando em um ambiente mais eficiente e produtivo, com menos falhas e retrabalhos. A aplicação do DMAIC e das ferramentas *Lean Six Sigma* demonstrou ser altamente eficaz na resolução de problemas de *setup* 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 case 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 de *setup*. DMAIC. *Lean Six Sigma*.

## ABSTRACT

The food industry, like many other sectors, constantly 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 manufacturing plant, particularly in the setup time for format changes in the filling and packaging areas. This opportunity led to 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, providing in-depth knowledge of the factors involved and enabling the selection of the most effective strategies. The Lean Six Sigma methodology was applied, with an emphasis on the DMAIC cycle (Define, Measure, Analyze, Improve, and Control), using specific tools for each phase of the process. The systematic application of DMAIC allowed for a precise and structured approach to identifying and eliminating waste and inefficiencies in the setup process. Among the most significant results, a notable reduction in setup time stood out, which was reduced by over 50%, enabling greater flexibility and responsiveness of the production line; an increase in productivity, as the reduction in downtime directly contributed to the line operating at maximum capacity for longer periods; a reduction in operational costs, with savings in energy, labor, and material waste; and an improvement in workflow and process organization, resulting in a more efficient and productive environment, with fewer failures and rework. The application of DMAIC and Lean Six Sigma tools proved highly effective in solving setup-related problems and achieving consistent, measurable results. In addition to the direct benefits of productivity and cost reduction, the project fostered a cultural shift within the team, encouraging a mindset of continuous improvement and preparation for future optimization projects. This case reinforces the importance of well-structured methodologies tailored to the specific reality of each process, serving as a model for other continuous improvement initiatives in the food industry and in other industrial sectors.

**Keywords:** Food industry. Cocoa powder. Setup optimization project. DMAIC. Lean Six Sigma.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma do processo de achocolatado em pó .....	18
Figura 2 - Transporte pneumático de pressão positiva (a) e negativa (b) .....	19
Figura 3 - Transportador de parafuso.....	20
Figura 4 - Misturador rotativo do tipo tambor .....	21
Figura 5 - Misturador de fita .....	21
Figura 6 - Misturador de rosca vertical .....	22
Figura 7 - Variação de tamanho de partículas durante a moagem .....	23
Figura 8 - Tipos de forças existentes no processo de moagem.....	23
Figura 9 - Moinho de martelo .....	24
Figura 10 - Moinho de pinos e discos.....	25
Figura 11 - Exemplos de embalagens de filmes flexíveis .....	26
Figura 12 - Envasadora.....	27
Figura 13 - Esquema de empacotamento automatizado com robô.....	28
Figura 14 - DMAIC .....	29
Figura 15 - Método SMART ( <i>Specific, Measurable, Attainable, Relevant and Time Based</i> ) .....	31
Figura 16 - SIPOC ( <i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers</i> ) .....	32
Figura 17 - Matriz RACI ( <i>Responsible, Accountable, Consulted and Informed</i> ).....	33
Figura 18 - SMED ( <i>Single Minute Exchange of Die</i> ).....	35
Figura 19 - Exemplo de VSM ( <i>Value Stream Mapping</i> ) .....	36
Figura 20 - Exemplo de gráfico de Gantt.....	37
Figura 21 - Diagrama de espaguete .....	38
Figura 22 - Diagrama de Ishikawa.....	39
Figura 23 - Exemplo da implementação dos 5 porquês.....	40
Figura 24 - Exemplo de matriz de priorização .....	41
Figura 25 - Diagrama de Pareto .....	42
Figura 26 - Matriz esforço e benefício .....	43
Figura 27 - Tempo de troca de formato real vs planejado .....	48
Figura 28 - Tempo de atraso de troca de formato por gramatura .....	48
Figura 29 - Cronograma do projeto .....	49
Figura 30 - SIPOC ( <i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers</i> ) do projeto	50

Figura 31 - Matriz RACI ( <i>Responsible, Accountable, Consulted and Informed</i> ) do projeto.....	50
Figura 32 - Gráfico de Gantt com dados da primeira medição .....	51
Figura 33 - Diagrama de espaguete da primeira medição .....	51
Figura 34 - Gráfico de Gantt com dados da segunda medição.....	52
Figura 35 - Diagrama de espaguete da segunda medição .....	52
Figura 36 - VSM ( <i>Value Stream Mapping</i> ) do projeto .....	53
Figura 37 - Diagrama de Ishikawa.....	54
Figura 38 - Os 5 porquês do projeto.....	54
Figura 39 - Pareto da matriz de priorização .....	55
Figura 40 - Representação tabelada da matriz de esforço e benefício do projeto ....	55
Figura 41 - Acompanhamento das ações.....	56
Figura 42 - Gráfico de Gantt com dados da primeira medição otimizada .....	57
Figura 43 - Gráfico de Gantt com dados da segunda medição otimizada .....	58
Figura 44 - Percentual de redução do tempo médio de troca de formato .....	61

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Gramatura de cada embalagem .....	46
Tabela 2 - VOC ( <i>Voice Of the Customer</i> ) do projeto .....	49
Tabela 3 - Comparação do tempo planejado, real e otimizado das medições .....	58
Tabela 4 - Principais ofensores do envase.....	58
Tabela 5 - Principais ofensores do DE (departamento de empacotamento) .....	59
Tabela 6 - Medições pós melhorias.....	60

## LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

5W2H	<i>What, Why, Who, When, Where ,How and How much</i>
6Ms	Método, Máquina, Medida, Meio Ambiente, Material e Mão de Obra
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
APPCC	Sistema de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle
DE	Departamento de empacotamento
DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar – <i>Improve</i> , em inglês – e Controlar
IHM	Interface Homem-Máquina
PIQ	Padrão de Identidade e Qualidade
RACI	<i>Responsible, Accountable, Consulted and Informed</i>
SIPOC	<i>Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers</i>
SMART	<i>Specific, Measurable, Attainable, Relevant and Time Based</i>
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i>
TPS	Sistema Toyota de Produção
VSM	<i>Value Stream Mapping</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
2.1	Produto .....	16
2.2	Processo industrial.....	17
2.2.1	Abastecimento de ingredientes .....	18
2.2.2	Mistura simples .....	20
2.2.3	Moagem.....	22
2.2.4	Envase.....	25
2.2.5	Empacotamento.....	27
2.3	Metodologia <i>Lean Six Sigma</i> e DMAIC .....	28
2.3.1	Definir .....	29
2.3.2	Medir.....	33
2.3.3	Analisar.....	38
2.3.4	Melhorar .....	42
2.3.5	Controlar .....	44
<b>3</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>45</b>
3.1	Objetivo geral.....	45
3.2	Objetivo específico.....	45
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>46</b>
4.1	Materiais .....	46
4.2	Métodos .....	46
4.2.1	Etapa Definir do projeto .....	47
4.2.2	Etapa Medir do projeto.....	51
4.2.3	Etapa Analisar do projeto.....	53
4.2.4	Etapa Melhorar do projeto.....	55

4.2.5	Etapa Controlar do projeto .....	56
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>57</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>62</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>63</b>

## 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% de produtividade, indicando o grande valor de estudar formas de realizar essas melhorias (Pires, 2024).

O mercado de achocolatados brasileiro movimentava aproximadamente 700 milhões de reais por ano, ao longo dos últimos anos esse mercado teve uma crescente de 15% ao ano (Fontes, Ladeiras, *et al.*, 2007). Isso demonstra a popularidade desse produto no Brasil, o que acarreta a busca pelo constante crescimento de empresas desse setor alimentício, objetivando se manter de forma competitiva no mercado.

Neste contexto, uma indústria de achocolatado em pó enfrenta o desafio de diminuir seu tempo de parada para trocas de formato, ou seja, seu tempo gasto para realizar ajustes em equipamentos para se adequarem a troca de gramatura de embalagem que será produzida, o que impacta diretamente na capacidade de atendimento à demanda e agilidade de produção.

O presente trabalho tem como objetivo investigar a diminuição do tempo de *setup* para troca de formato 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 de 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 a redução do tempo de *setup*, traz benefícios amplos. Um dos principais

é a melhoria na capacidade de produção, uma vez que seu processo de preparação é minimizado, em conjunto, há o aumento da flexibilidade, com uma redução de paradas há 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 reduz 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 na otimização do *setup* pode inspirar revisões em outros processos produtivos e incentivar o investimento em novas tecnologias, que promovem mais agilidade nos esforços feitos durante as paradas de máquinas, trazendo benefícios para a empresa. Além disso, ao reduzir o consumo de energia e 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.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

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

Este trabalho analisa uma indústria de achocolatado em pó, para uma melhor contextualização essa seção apresenta o produto em si, achocolatado, e seu processo industrial fabricante.

### 2.1 Produto

Achocolatados são definidos como um produto alimentício em pó, comumente consumido na forma de bebida, após o acréscimo de leite, possui como ingredientes base 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 ingredientes utilizados, como por exemplo aromas que são incorporados nas formulações, como substitutos de cacau em pó (Vissotto, 2014).

De acordo com Fildman e Lange (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 Nº 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*<sup>1</sup> 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).

## 2.2 Processo industrial

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 (Barros, 2013).

Para escolher a melhor forma de realizar o processamento do achocolatado em pó é importante ter clareza das características finais do produto desejado. Dito isso, é possível determinar a formulação e os parâmetros de processo ideais para fabricar esse produto (Barros, 2013).

Segundo Eduardo (2005), existem diferentes processos utilizados na fabricação de achocolatados em pó, alguns deles são: mistura simples, *spray-drying* e aglomeração.

- Mistura simples: é a junção de dois ou mais ingredientes com o intuito de obter um produto homogêneo (Nespolo, Oliveira, *et al.*, 2015).
- *Spray-drying*: processo que 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

---

<sup>1</sup> Coleção de normas, códigos de conduta, diretrizes e recomendações reconhecidas internacionalmente, relacionadas a alimentos, sua produção e segurança alimentar.

composição e distribuição de tamanho, o que é crucial para a qualidade do produto (Lannes e Medeiros, 2003).

- Aglomeração: também chamada de instantaneização ou granulação, é 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: Elaborado pela autora (2024).

### 2.2.1 Abastecimento de ingredientes

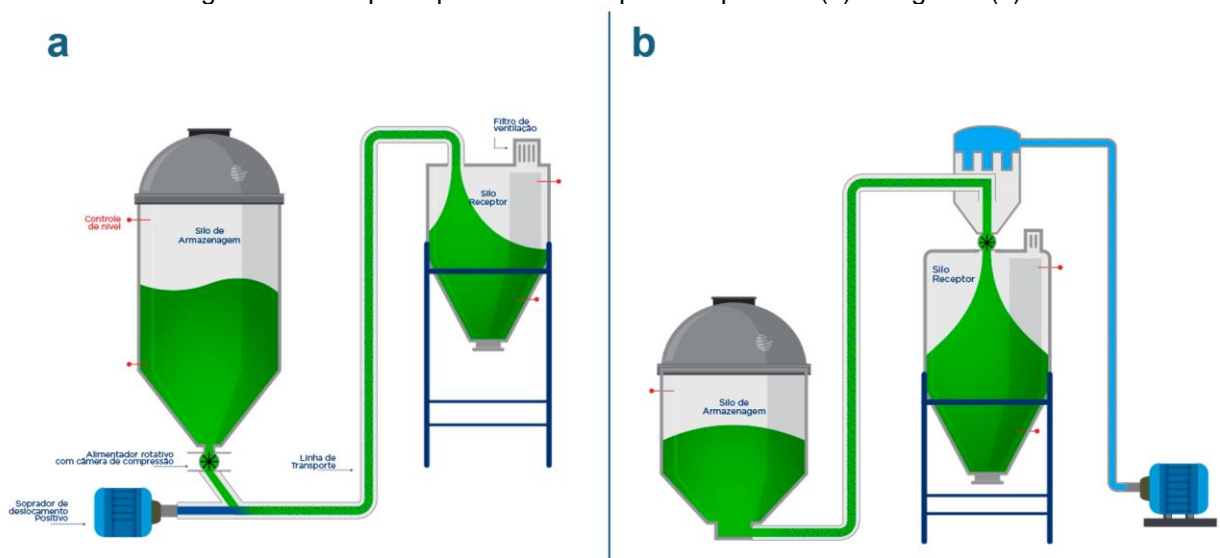
Com uma formulação contendo diversos produtos sólidos em pó, o processo de produção de achocolatado deve se atentar a forma que o abastecimento de ingredientes é realizado. Algumas formas podem ser utilizadas como transporte pneumático ou transportador de parafuso.

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 ser 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:

- Transporte de pressão positiva ou transporte de pressão (Figura 2a): utiliza o ar comprimido para “empurrar” um material. Um benefício desse método é sua utilização em casos com grandes distâncias.
- Transporte de pressão negativa ou transporte a vácuo (Figura 2b): utiliza o ar comprimido para “sugar” um material. Um benefício desse método é a não exposição nem aquecimento do produto por contato com o calor gerado no processo de compressão de ar, evitando sua contaminação.

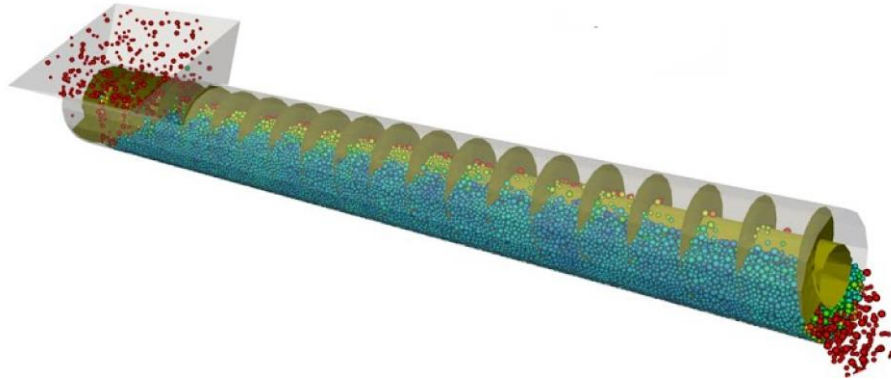
Figura 2 - Transporte pneumático de pressão positiva (a) e negativa (b)



Fonte: Adaptado de Systems (2023).

Também conhecido como rosca transportadora ou transportador helicoidal, o chamado transportador de parafuso é um equipamento muito utilizado para deslocar materiais de forma contínua e eficiente, muito utilizado 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 nessa 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.

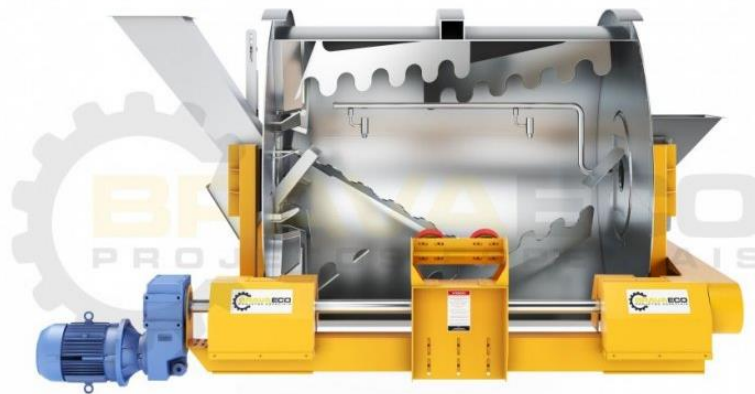
Vale ressaltar que a mistura de sólidos é mais complexa quando comparada a líquidos e pastas viscosas, não é possível atingir uma mistura completamente homogênea para compostos na forma de pós secos ou sólidos particulados. O grau da mistura é intrinsecamente relacionado as propriedades físicas dos ingredientes, 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 de sempre procurar o equipamento que atinja as especificações com o menor gasto energético. Alguns equipamentos

comuns utilizados para a mistura de pós secos e materiais particulados são: misturador rotativo, misturador de fita e misturador de rosca vertical (Fellows, 2019).

O misturador rotativo (Figura 4) pode ser do tipo tambor, duplo cone, em Y ou em V, esse equipamento realiza a mistura através da força exercida pela sua rotação. Sua eficiência pode ser aumentada pela utilização de defletores, também conhecidos como chicanas (Fellows, 2019).

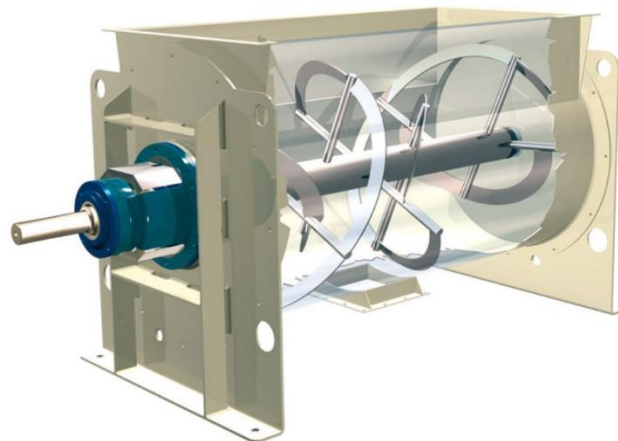
Figura 4 - Misturador rotativo do tipo tambor



Fonte: Bravaeco (2021).

O misturador de fita (Figura 5) 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).

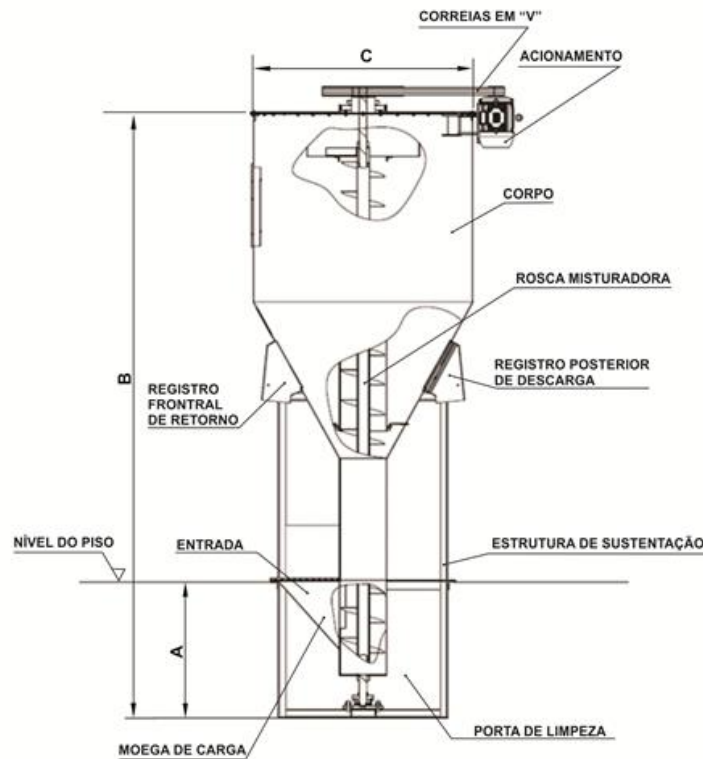
Figura 5 - Misturador de fita



Fonte: Concepte (2024).

O misturador de rosca vertical (Figura 6) possui uma rosca rotatória 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 6 - Misturador de rosca vertical



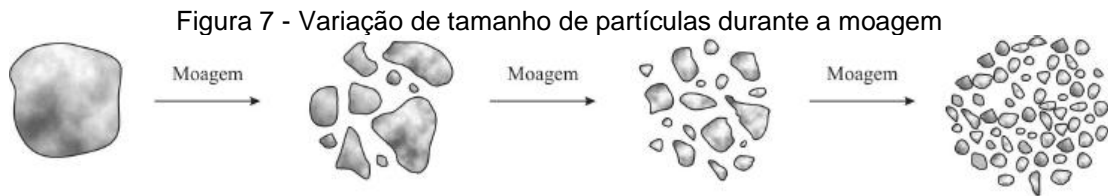
Fonte: Artabas (2024).

### 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).

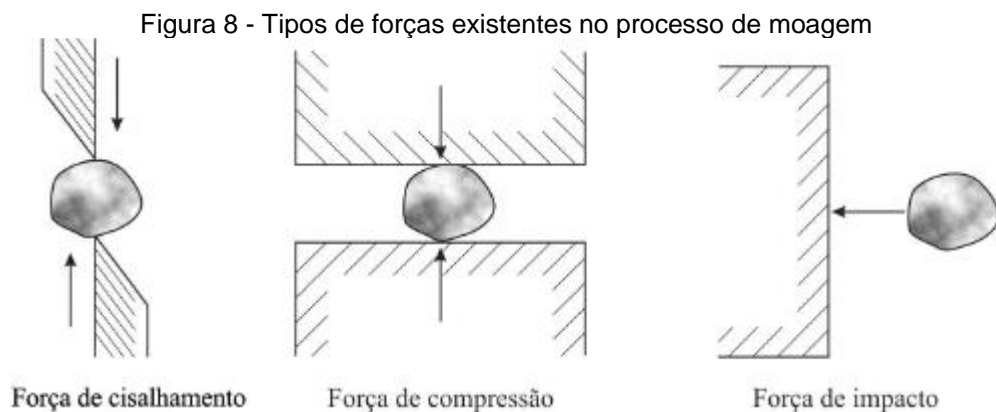
O processo de redução de tamanho de um composto proporciona diversos benefícios ao produto, pois aumenta consideravelmente a capacidade de solubilização desses materiais, a taxa de aquecimento, resfriamento e secagem, além de aumentar a velocidade de reações químicas. Vale salientar que, apesar desses benefícios, o processo de moagem é de difícil controle em relação a distribuição de

tamanho das partículas, 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 7 (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 8), a predominância do tipo de força atuante depende de qual equipamento é utilizado no processo (Perrechil, Picone e Cunha, 2015).



**Fonte:** Perrechil, Picone e Cunha (2015).

Alguns fatores influenciam diretamente o gasto energético necessário para fraturar 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 9) apresenta a força de impacto como a principal tipo atuante nesse processo de moagem, é indicado para produtos quebradiços, duros e fibrosos, com um grau de finura podendo 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 particulado pelas forças produzidas pelo repetido impacto dos martelos quando estes jogam o alimento contra a placa quebradora e pelos impactos partícula-partícula (Geankoplis, 1998).

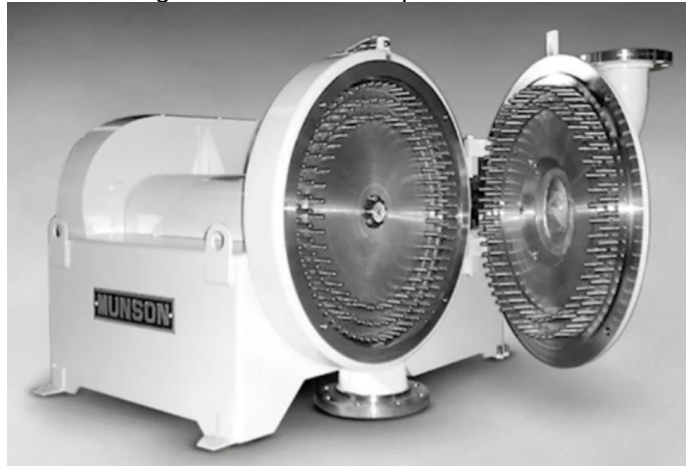
Figura 9 - Moinho de martelo



**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 10), por exemplo, possui pinos reticulados fixos a um único disco e invólucro (Fellows, 2019).

Figura 10 - 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 necessário 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 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 a 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 vistas são: filmes flexíveis e recipientes plásticos rígidos e semirrígidos. A Figura 11 apresenta alguns tipos de embalagens que podem ser utilizadas nesse tipo de indústria.

Figura 11 - Exemplos de embalagens de filmes flexíveis

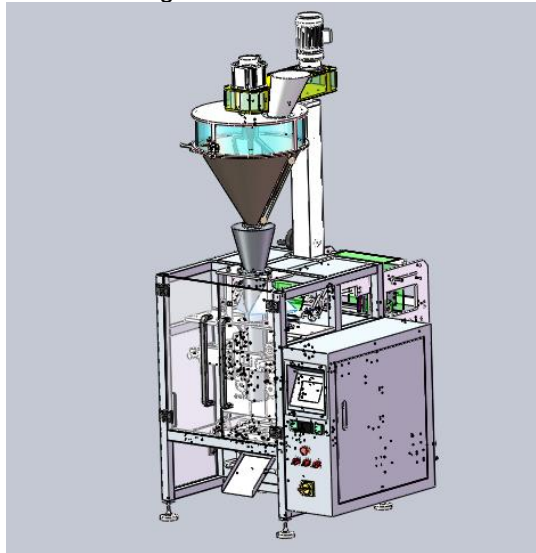


**Fonte:** Você sabe o que são embalagens plásticas flexíveis? (2020).

O termo filme flexível é geralmente reservado para polímeros plásticos não fibrosos, que têm menos de 0,25 mm. Utilizar esse material como embalagem traz algumas vantagens como: fácil de ser moldado, apresenta uma barreira contra 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 envasadora vertical (Figura 12) pode ser utilizada (Fellows, 2019).

Figura 12 - Envasadora



Fonte: Jones (2024).

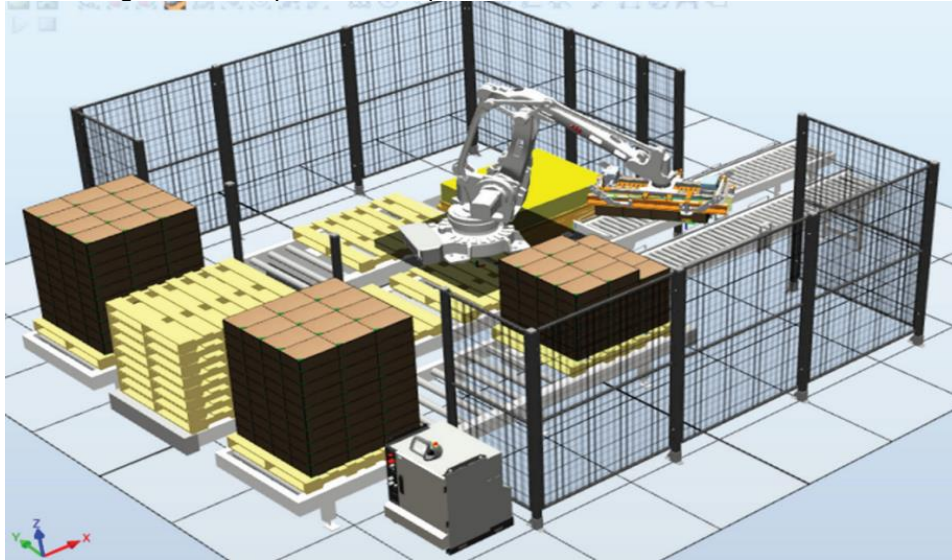
Por último, na etapa de envase ocorre o controle de peso e detecção de metais. O controle de peso é realizado por uma controladora de peso (balança), que visa garantir a conformidade do produto entregue ao consumidor, ou seja, que ele contenha no mínimo o peso exigido para os pacotes individuais fabricados, 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 13).

Figura 13 - Esquema de empacotamento automatizado com robô



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 processo 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).

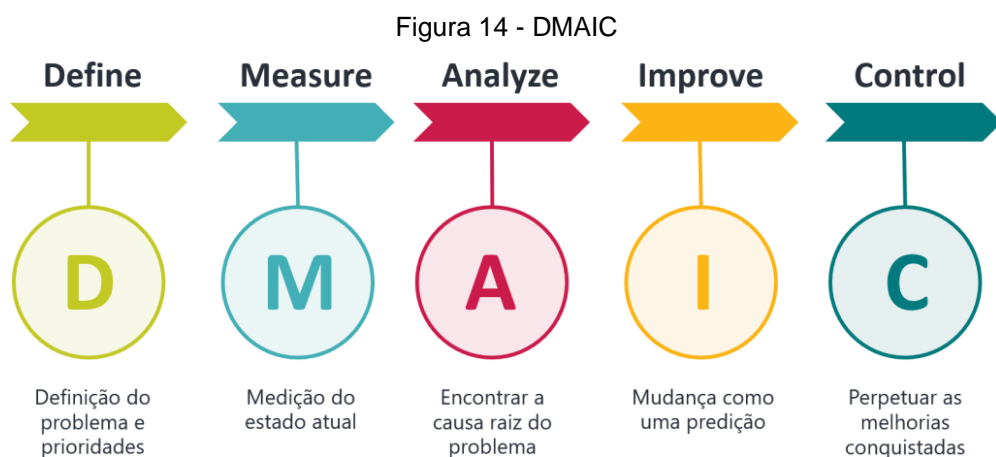
Desenvolvido por volta de 1980 dentro da Motorola, o *Six Sigma* consiste em uma abordagem sistemática e robusta de melhoria de processo de forma consistente e confiável. Existem alguns princípios fundamentais que cercam essa metodologia, sendo eles: entender as exigências e expectativas dos clientes e *stakeholders*<sup>2</sup>; entender o processo de sua empresa e garantir que eles reflitam nas exigências dos

<sup>2</sup> Pessoas, grupos ou organizações que podem ser impactados ou ter interesse nas decisões e ações de uma empresa ou projeto.

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).

Dito isso, 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 14 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.



**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:

- Descrição do problema: Serve como uma contextualização do cenário atual, deve conter qual a oportunidade encontrada, as métricas e indicadores relacionados a ele, quando e onde ele ocorre, quais as consequências caso não seja tratado e quais os ganhos com o projeto. Realizar essa descrição é fundamental para garantir que a equipe entenda corretamente a situação a ser resolvida e estabelecer um patamar inicial para um comparativo futuro.
- Definição da meta: importante ter em mente qual o objetivo é desejável alcançar com o projeto, para isso a definição da meta é uma etapa muito importante. Para auxiliar na construção de uma meta inteligente é recomendado utilizar o conceito SMART (acrônimo que significa Específico, Mensurável, Alcançável, Realista e Oportuno), a Figura 15 apresenta a descrição desse conceito (Vertile, 2024).

- Avaliação do histórico do problema: para um melhor embasamento é recomendado levantar o histórico do problema, com fatos e dados que auxiliem em sua sustentação e valorização.
- Definição da equipe de trabalho e suas responsabilidades: definir quem serão os membros da equipe e quais serão seus papéis é de extrema importância, pois eles que auxiliarão o responsável pelo projeto a executá-lo.
- Definição do cronograma: definir de forma preliminar as datas de conclusão de cada etapa do DMAIC, dessa forma o projeto é priorizado e pode ser executado com mais agilidade.

Figura 15 - Método SMART (*Specific, Measurable, Attainable, Relevant and Time Based*)

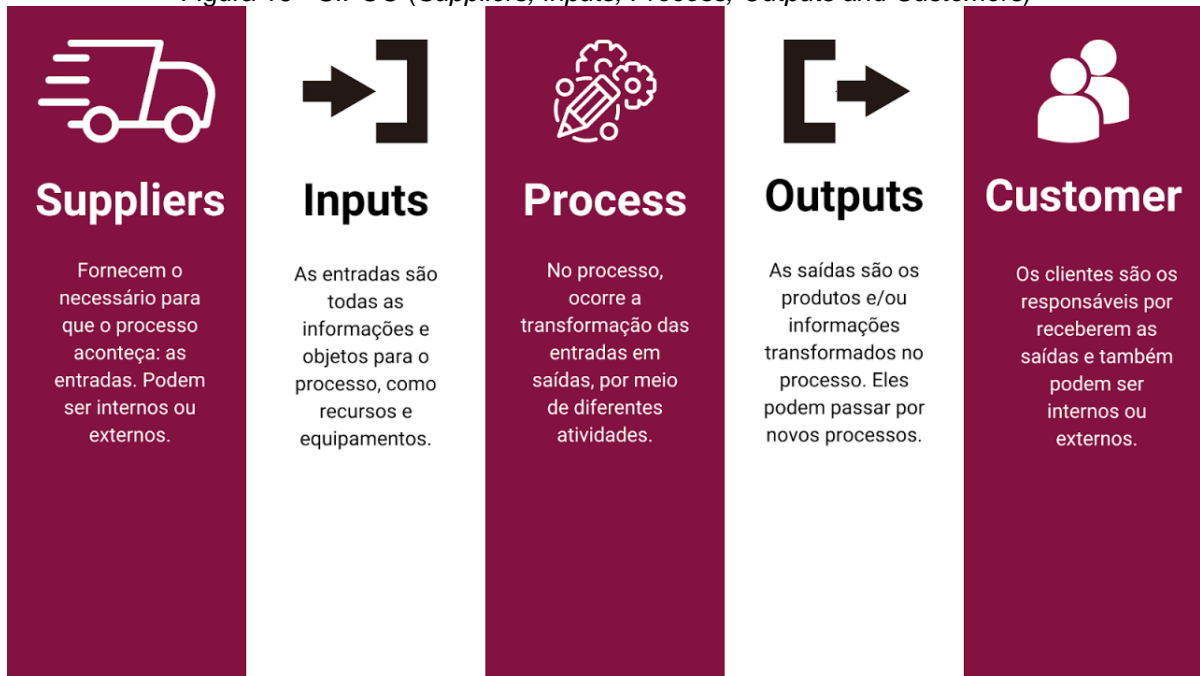


Fonte: Vertile (2024).

A segunda ferramenta dessa etapa é a VOC, sigla que significa Voz do Cliente (*Voice Of the Customer*, do inglês), é 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 direta, caso o cliente for 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).

Figura 16 - SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers*)



Fonte: Galvão (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 é uma 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).

- Responsável: membro responsável por executar a atividade.
- Autoridade: membro responsável por verificar se a atividade foi executada com êxito e aprová-la, na maioria dos casos é o dono do processo que assume esse papel. Para evitar conflitos, só pode existir um aprovador por atividade.
- Consultado: membro que pode auxiliar no desenvolvimento da atividade, contribuindo com conhecimentos.

- Informado: membro que deve estar ciente sobre as entregas da atividade.

A Figura 17 apresenta um exemplo genérico de como a matriz RACI pode ser aplicada em um projeto.

Figura 17 - Matriz RACI (*Responsible, Accountable, Consulted and Informed*)

MATRIZ RACI					
FASE DO PROJETO	RESPONSÁVEL (R)	AUTORIDADE (A)	CONSULTADO (C)	INFORMADO (I)	STATUS
ENTREGÁVEIS/TAREFA 1					FEITO
ENTREGÁVEIS/TAREFA 2					FEITO
ENTREGÁVEIS/TAREFA 3					PARADO

Fonte: Souza (2024).

Vale salientar que é importante ter 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.

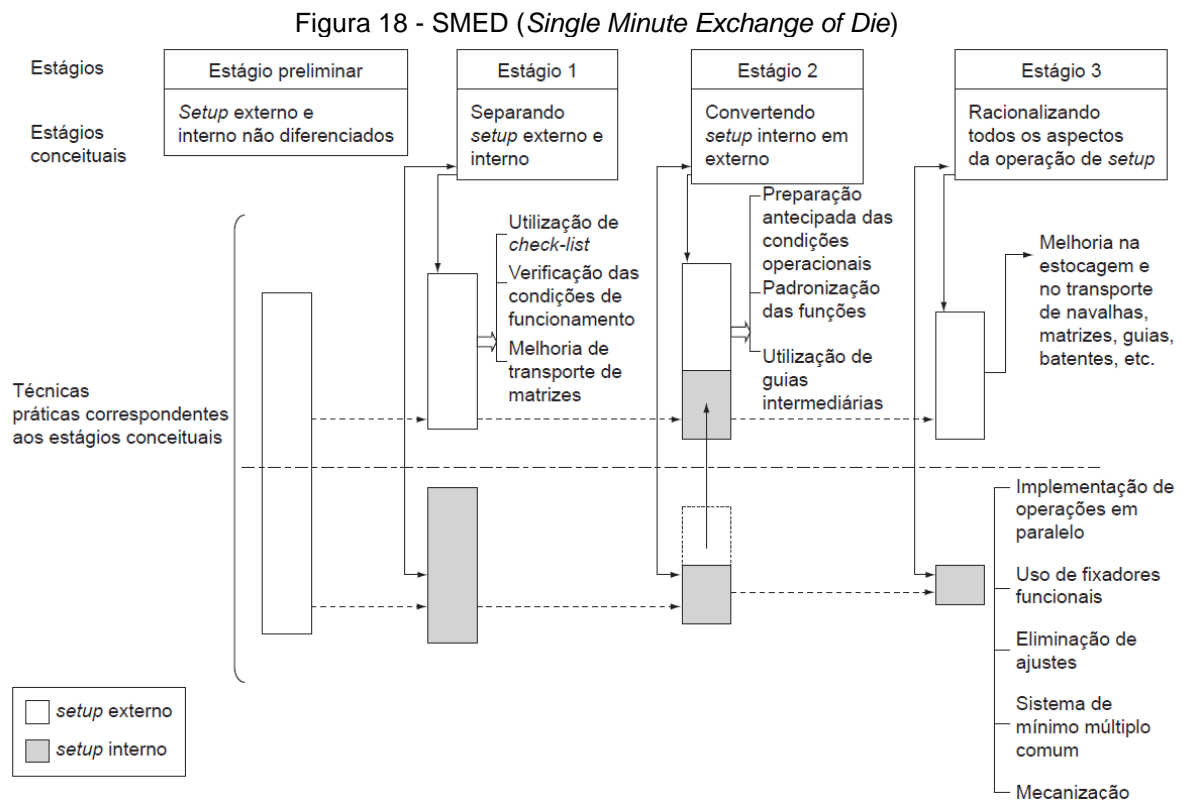
Para entender a ferramenta SMED é importante compreender o conceito de *setup* de uma linha de produção, que pode ser definido como um processo de mudança da produção de um item para outro em uma mesma máquina ou equipamento que exija troca de ferramentas e/ou ajustes. O tempo de *setup* pode ser definido 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 18):

- Estágio preliminar – Eventos internos e externos não são distintos: em operações no chão de fábrica, os eventos internos e externos são muitas vezes confundidos, o que acarreta a ociosidade das máquinas e em suas paradas por longos períodos. Nessa etapa preliminar, é necessário estudar e acompanhar o processo desejado para aplicar o SMED, levantando todos os eventos envolvidos no mesmo;
- Estágio 1 – Separação de eventos internos e externos: a principal etapa do SMED é a distinção dos eventos internos e externos que foram mapeados, através disso é possível reduzir o tempo de *setup* em 30% a 50%.

- Estágio 2 – Converter eventos internos e externos: existem dois pontos importantes a serem feitos nessa etapa: reexaminar as operações ditas como internas e verificar se realmente podem ser assumidas como internas e encontrar maneiras e converter eventos internos em externos.
- Estágio 3 – Simplificando a operação: nesta etapa é necessário analisar cada evento contido no processo para tentar agilizá-lo, ganhando tempo de operação.



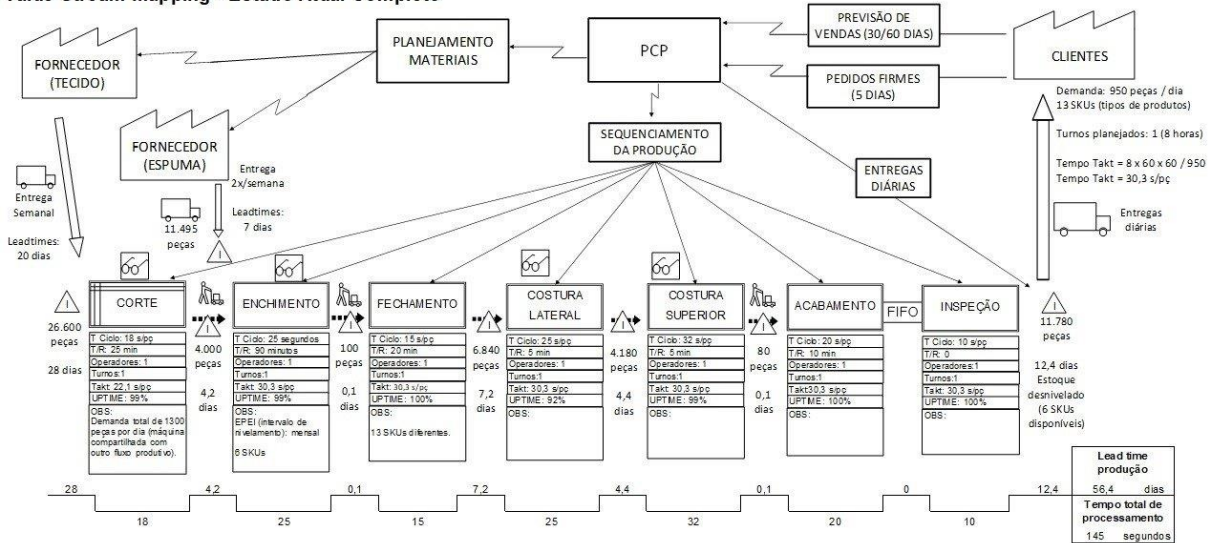
**Fonte:** Sugai, Mcintosh e Novaski (2007).

Outra ferramenta utilizada nessa fase é o mapeamento de fluxo de valor, tradução da sigla VSM (*Value Stream Mapping*), é uma ferramenta que tem um objetivo diagnóstico, ou seja, com ela é possível ter 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. Um exemplo de VSM é apresentado na Figura 19.

Figura 19 - Exemplo de VSM (Value Stream Mapping)

Value Stream Mapping - Estado Atual Completo

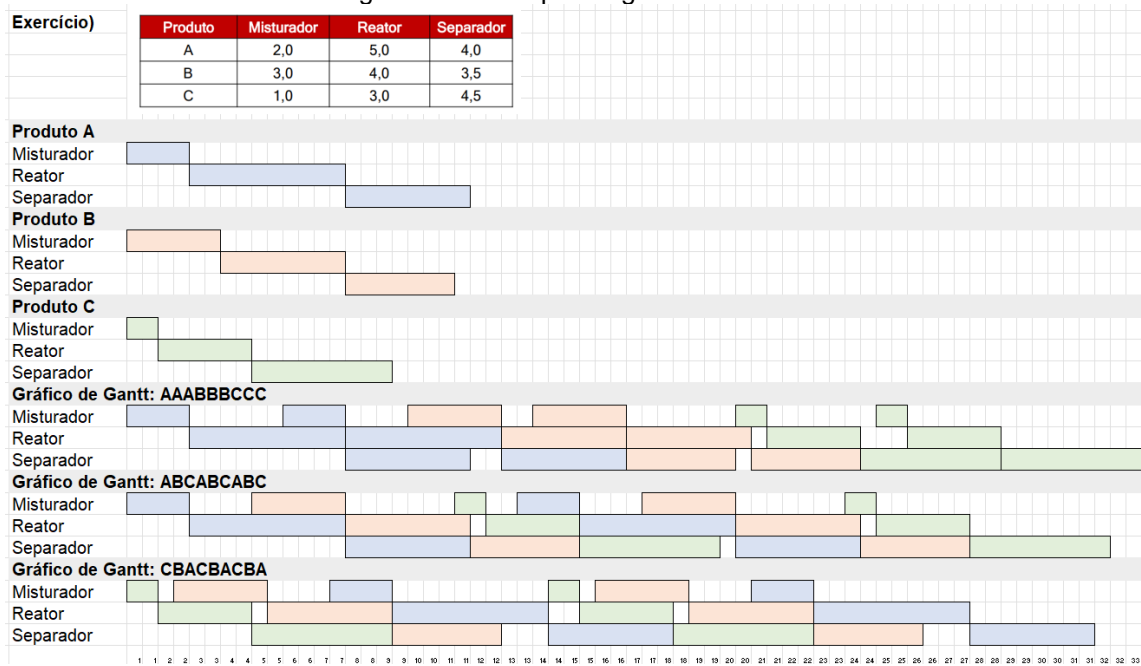


Fonte: Sandrini (2020).

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. A Figura 20 ilustra um exemplo de aplicação para o gráfico de Gantt, nele pode-se observar que o rearranjo da ordem de produção dos produtos A, B e C interfere no tempo total de produção deles, com essa ferramenta é possível buscar o menor e melhor tempo para esse processo produtivo.

Figura 20 - Exemplo de gráfico de Gantt



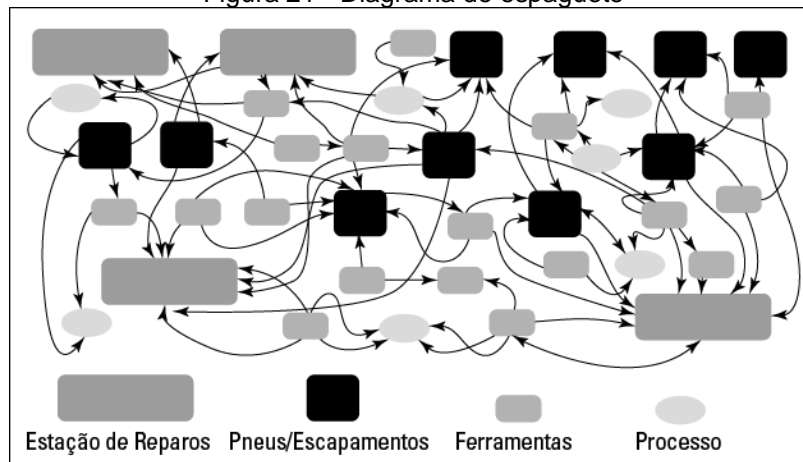
Fonte: Elaborado pela autora (2022).

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.

Outra ferramenta importante na etapa Medir, para esse tipo de projeto é o diagrama de espaguete. Brenig-Jones (2023) descreve que o diagrama de espaguete (Figura 21) é uma forma de ilustrar todos os movimentos envolvidos em um processo, incluindo o fluxo de pessoas que realizam o trabalho e o fluxo de informações.

Para desenvolver esse diagrama é importante ter o layout atual do processo em estudo, com a marcação de traços contínuos é observado o motivo, as distâncias e a frequência com que as pessoas se movimentam, com isso, desperdícios podem ser identificados e, através de mudanças simples de *layout* ou ordem de atividades é possível otimizar um processo (Brenig-Jones e Dowdall, 2023). Esse tipo de ferramenta pode ser de grande valia para processos industriais, pois com a observação somente dos movimentos realizados nas atividades industriais é possível identificar melhorias simples que podem ser implementadas de forma rápida, garantindo uma agilidade do processo e um ganho para as empresas.

Figura 21 - Diagrama de espaguete



Fonte: BRENIG-JONES (2023).

### 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, ao principal motivo que leva ao problema.

A Etapa A, nomeada 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.

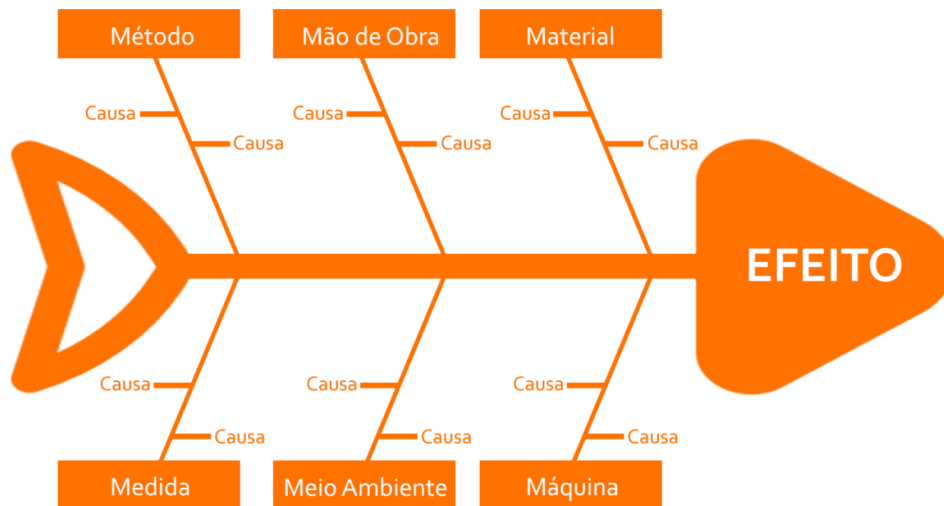
O Professor Kaoru Ishikawa idealizou o diagrama que leva seu nome, primeira ferramenta utilizada na etapa Analisar, também conhecido como diagrama de causa e efeito ou diagrama de espinha de peixe, essa ferramenta tem o objetivo de ilustrar graficamente os potenciais causas de um problema previamente 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 22) 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 22 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Soares (2024).

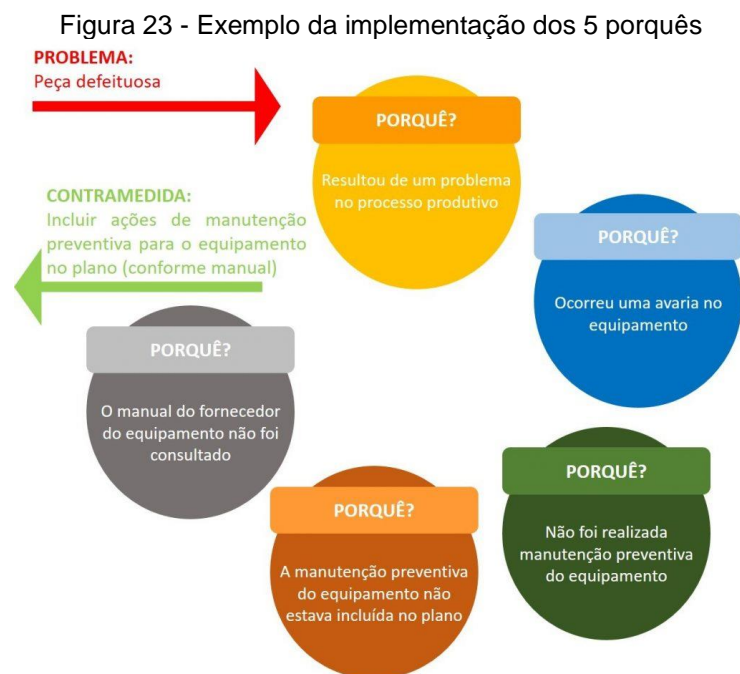
Para aplicar essa ferramenta é recomendado realizar um *brainstorming* (chuva de ideias, tradução literal do inglês) com a equipe do projeto, além de especialistas no problema e processo envolvidos no projeto, dessa forma diferentes ideias das possíveis causas para o efeito podem ser levantadas, otimizando 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 23.

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.



Fonte: Pereira (2017).

Werkama (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 (medidas associadas aos problemas prioritários e a outros resultados importantes) às entradas e a outras variáveis do mesmo (causas potenciais dos problemas prioritários)” (Werkema, 2012). Um exemplo de matriz de priorização é apresentado na Figura 24, esse exemplo contempla uma fábrica que visa reduzir 50% das perdas de produção por parada de linha.

Figura 24 - Exemplo de matriz de priorização

		Problema prioritário			Total
		Atraso no tempo entre a chegada do material ao porto e o desembarço, decorrente da variação natural do processo de importação de polímeros por transporte marítimo.	Atraso no tempo entre a emissão do pedido e o embarque, decorrente da variação natural do processo de importação de polímeros por transporte marítimo.	Falta de ordem de fabricação de reagentes.	
Peso (5 a 10)		9	8	10	
Causa potencial	Tempo elevado de preparação da carga pelos fornecedores.	0	5	0	40
	Mudanças frequentes no roteiro de viagem feitas pelos fornecedores, sem comunicar oficialmente a empresa.	5	5	0	85
	Deficiências do software utilizado na programação da produção.	1	0	5	59
	Falta de treinamento das pessoas que trabalham em áreas administrativas da empresa.	3	0	3	57
	Falhas nos registros de controle de estoques de matérias-primas usadas na fabricação de reagentes.	0	0	5	50
Legenda: 5 - Correlação forte 3 - Correlação moderada 1 - Correlação fraca 0 - Correlação ausente					

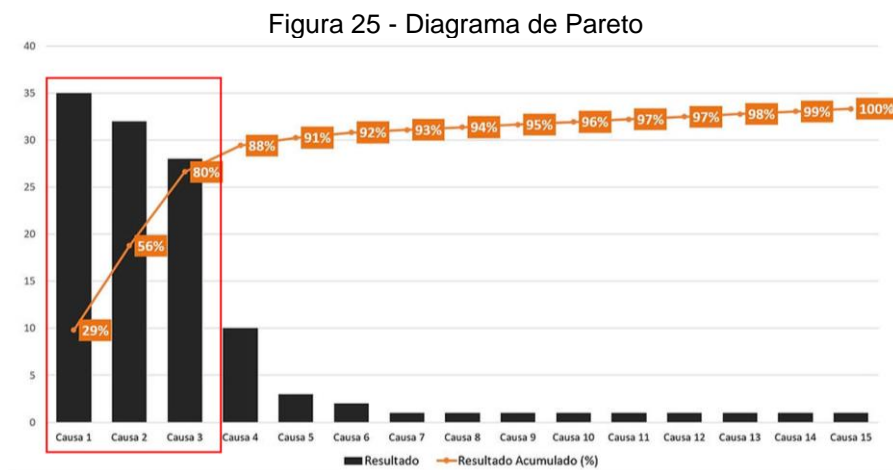
Fonte: Werkema (2012).

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 25) 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 25, 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.



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 Werkema (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?

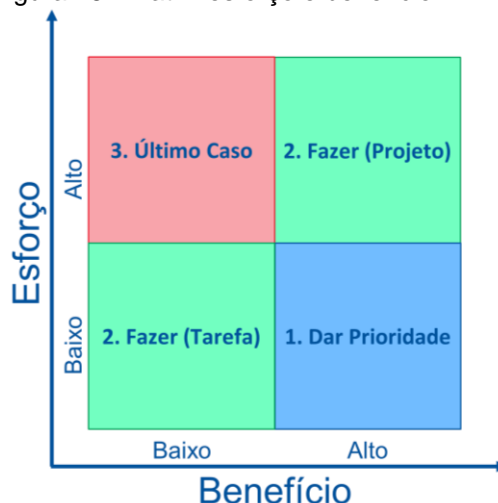
- As metas especificadas foram alcançadas?

As ferramentas utilizadas nessa etapa são: matriz de esforço 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 esforço e benefício.

Os critérios utilizados para construir a matriz esforço e benefício podem variar de acordo com a necessidade, para mantê-la de forma mais simples, uma matriz 2x2, como mostra a Figura 26, é construída e as potenciais soluções para o problema são mapeadas de acordo com o esforço 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 esforço são as mais desejáveis, devem ser a prioridade de elaboração; tanto baixo esforço e baixo benefício como alto esforço 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 esforço e baixo benefício não devem ser realizadas ou devem ser deixadas por último.

Figura 26 - Matriz esforço e benefício



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

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 que 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 abortados, que podem ser oportunidades para novos projetos futuros.

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 Objetivo geral

Diminuir o tempo de *setup* para troca de formato, de uma linha de produção de achocolatado em pó, utilizando a metodologia DMAIC.

#### 3.2 Objetivo específico

- Estudar o processo industrial de produção de achocolatado em pó e as principais etapas que envolvem o *setup*;
- Estudar as ferramentas presentes na metodologia DMAIC;
- Acompanhar e medir o tempo de *setup* do processo de produção de achocolatado em pó;
- Aplicar as ferramentas da metodologia DMAIC para melhorar o tempo de *setup*.

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

Em um projeto, é essencial a aplicação de técnicas e processos adequados para atingir os objetivos estabelecidos. Esta seção apresenta os materiais, métodos e condições empregados, detalhando cada etapa utilizada para garantir a eficiência e a precisão dos resultados. A escolha cuidadosa dos métodos e das técnicas foi fundamentada nas necessidades do projeto, assegurando que cada procedimento contribua diretamente para o alcance das metas propostas, otimizando os recursos e maximizando os resultados obtidos.

### 4.1 Materiais

Para a realização do presente trabalho foram utilizados os programas da 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

O estudo de caso aborda uma indústria de achocolatado em pó com um processo industrial ilustrado na Figura 1. Esta indústria possui um sistema que permite embalar o produto em sachês de variados tamanhos, com as gramaturas específicas de cada embalagem detalhadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Gramatura de cada embalagem

Embalagem	Gramatura (g)
A	2000
B	1500
C	800
D	450
E	280

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Foi notado que o tempo de *setup* de troca de formato, ou seja, tempo necessário para realizar os ajustes dos equipamentos presentes na linha para sua adequação perante a mudança de gramatura de embalagem, que ocorre no envase e no empacotamento, deveria levar 2 horas para ser completado de acordo com o planejamento, entretanto, foi observado que as atividades realizadas durante essa troca levavam mais do que esse tempo para serem cumpridas. Somando a isso, o gerente da linha, visando uma melhora produtiva solicitou que essa troca fosse realizada dentro de 1 hora.

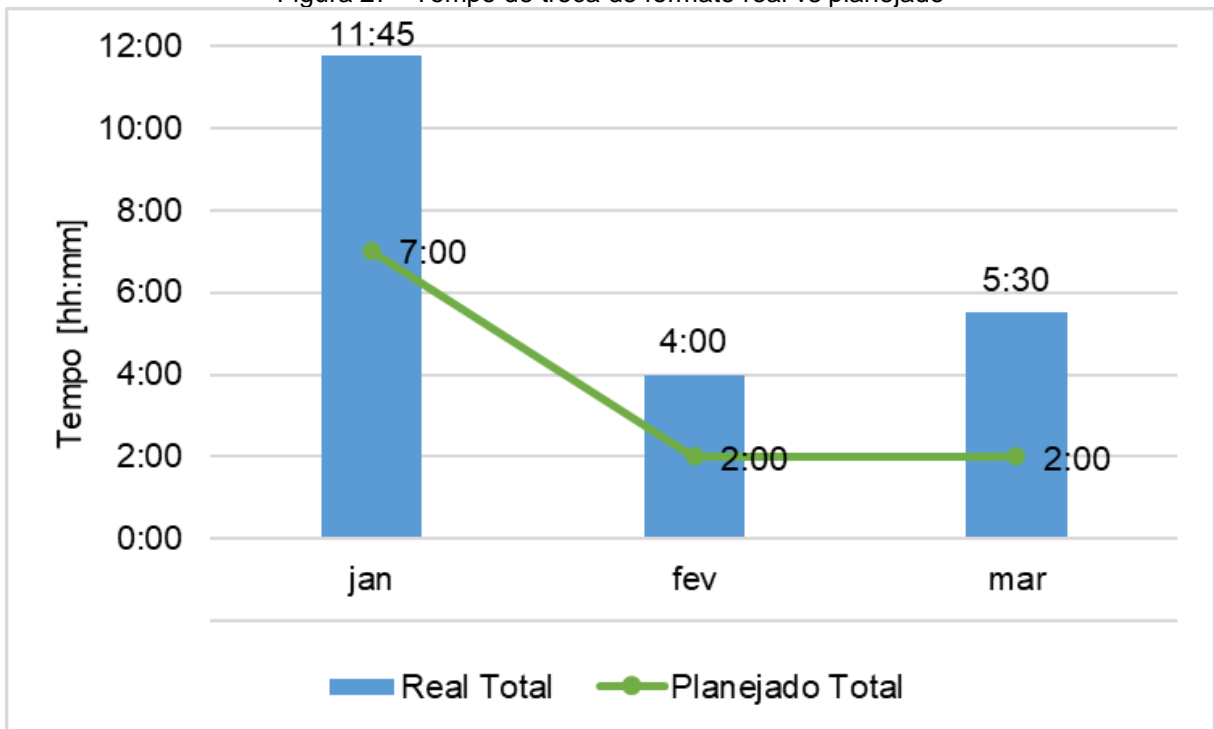
Com a observação desse problema, surgiu a oportunidade de aplicação de um projeto utilizando a metodologia DMAIC.

#### 4.2.1 Etapa Definir do projeto

O primeiro passo para iniciar o projeto foi a criação da carta do projeto. As seguintes informações foram adicionadas a ela.

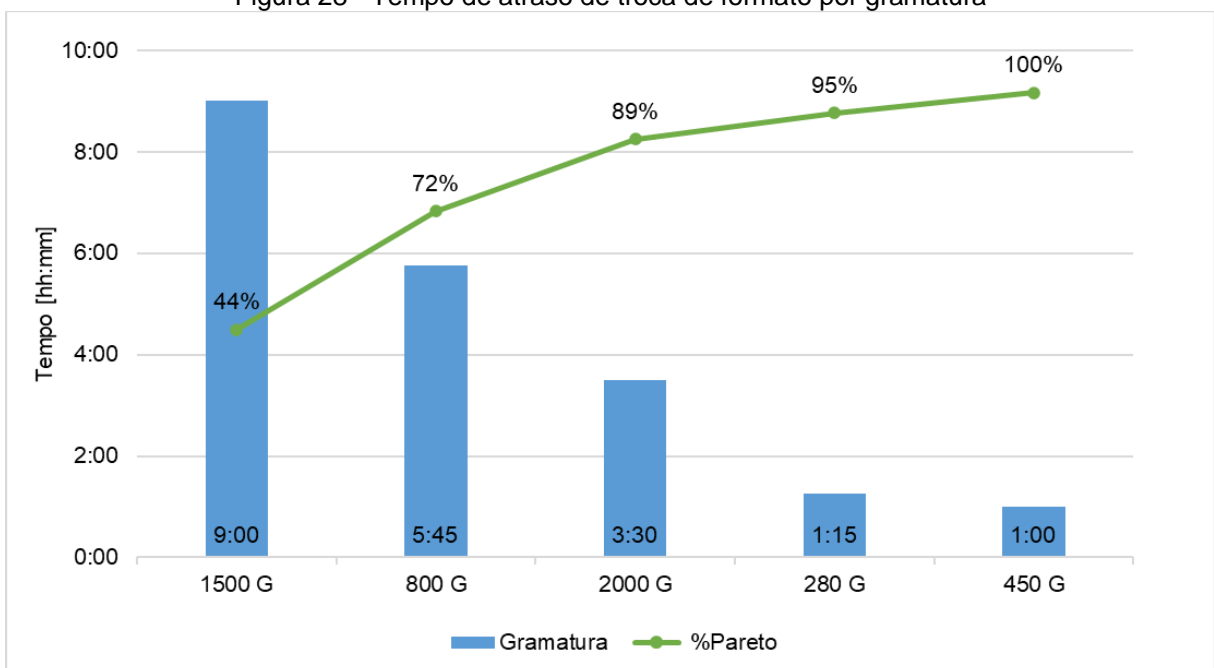
- **Problema:** entre os meses de janeiro e março de 2024 foram registrados atrasos de, aproximadamente, 1 hora além do planejado na linha de produção de achocolatado em pó, embalado em sachês, de uma indústria de achocolatado em pó.
- **Meta:** retirar totalmente o atraso e diminuir o tempo de *setup* de 2 horas para 1 hora até agosto de 2024.
- **Histórico do problema:** foram coletados dados dos tempos *setup* de troca de formato, entre os meses de janeiro e março de 2024. A Figura 27 apresenta a comparação entre o tempo real e planejado gasto para realizar as trocas de formato durante esses meses, é possível observar que todos os meses apresentam atrasos nesse tempo de *setup*, fomentando a necessidade de realizar o projeto. A Figura 28 ilustra a participação de cada gramatura nos tempos de atraso através de um gráfico de Pareto, nota-se que quase 90% dos atrasos ocorrem com três principais tamanhos (1500g, 800g e 2000g), indicando que um foco maior deva ser dado às trocas de formato que envolvem essas gramaturas.

Figura 27 - Tempo de troca de formato real vs planejado



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Figura 28 - Tempo de atraso de troca de formato por gramatura

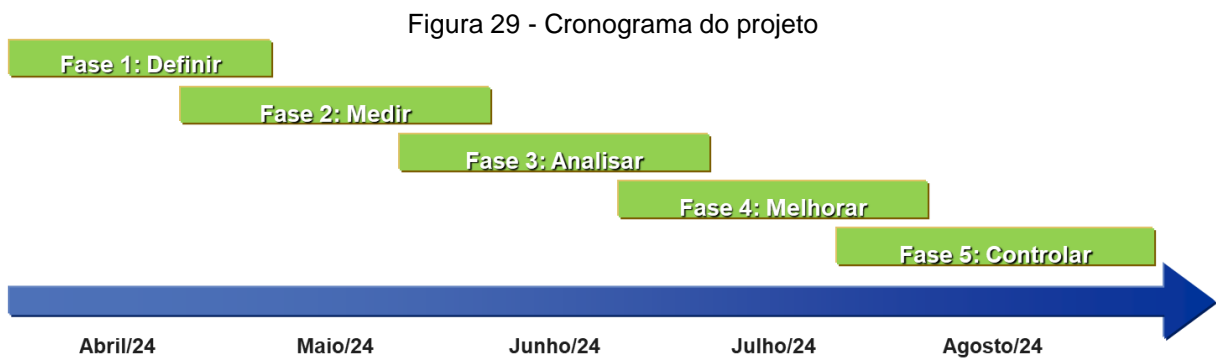


Fonte: Elaborado pela autora (2024).

- Equipe de trabalho:** Com o objetivo de formar uma equipe multidisciplinar que pudesse enriquecer o desenvolvimento do projeto, foram selecionados colaboradores de diversas áreas, incluindo um operador especialista da linha, operador de máquina, manutentor,

gerente de linha, técnico de qualidade, técnico de segurança e analista de manufatura. Essa diversidade de conhecimentos e experiências contribuiu para incorporar diferentes perspectivas ao projeto, tornando-o mais completo e robusto.

- **Cronograma:** pensado para ser realizado em 5 meses, o cronograma preliminar proposto para o projeto é apresentado na Figura 29.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Com a carta do projeto finalizada, foi dado seguimento ao uso das ferramentas da etapa “Definir”, e a VOC foi criada a partir de uma conversa com o gerente de linha. O histórico de dados sobre o problema observado foi apresentado ao cliente, nesse caso é o gerente, permitindo uma definição mais precisa das suas necessidades e expectativas. A VOC resultante é apresentada na Tabela 2.

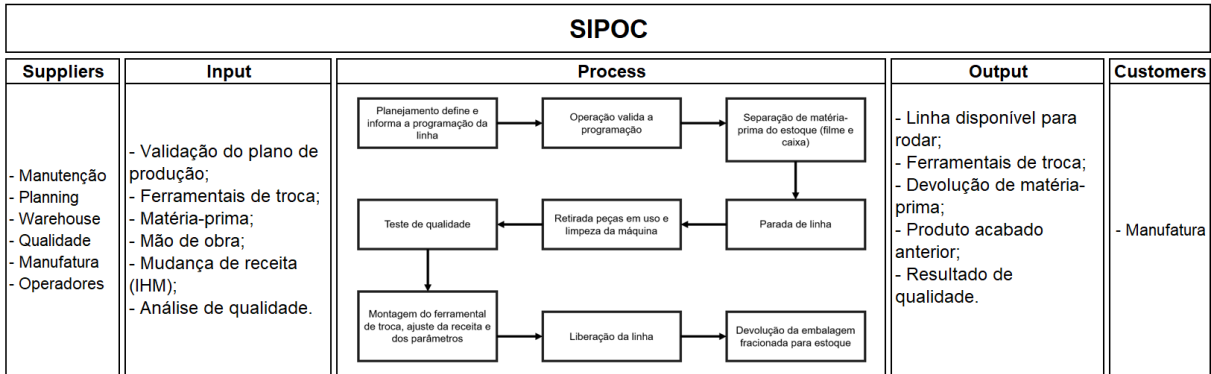
Tabela 2 - VOC (*Voice Of the Customer*) do projeto

Cliente	Voz do Cliente	Problema Chave	Exigência Crítica
Gerente de linha	Otimizar o tempo de troca de formato	Identificar quais são as principais oportunidades para otimizar o tempo de troca de formato	Diminuir o tempo de troca de formato de 2 hora para 1 hora

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Junto com a equipe, foi elaborado o SIPOC do processo (Figura 30), que inclui as etapas do processo, suas entradas e saídas, além e dos fornecedores e clientes relacionados. Essa ferramenta permitiu uma visão ampla e organizada do fluxo de trabalho, facilitando a identificação dos elementos envolvidos em cada fase.

Figura 30 - SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs and Customers) do projeto



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Por último, foi criada a matriz RACI, detalhando as ações relacionadas à etapa “Definir” para cada integrante da equipe, conforme mostrado na Figura 31. É importante destacar que essa ferramenta pode ser atualizada ao longo das diferentes fases do DMAIC, permitindo uma definição clara e contínua das responsabilidades de todos os envolvidos no projeto.

Figura 31 - Matriz RACI (Responsible, Accountable, Consulted and Informed) do projeto

	Responsável	Gerente de linha	Operador especialista	Operador de máquina	Manutentor	Técnico de qualidade	Técnico de segurança	Analista de manufatura
<b>TIME</b>								
<b>AÇÃO</b>								
Revisar carta do projeto	R/A	A	I	I	I	I	I	I
Validar Voz do Cliente	R/A	C						
Validar Mapa SIPOC	R/A	C	C	C	C	C	C	C
Criar Plano de Comunicação	R/A	C						
Selecionar e Lançar Equipe	R	A						
Desenvolver Cronograma do Projeto	R/A	C						
Validar plano de comunicação	R	A	I	I	I	I	I	I

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

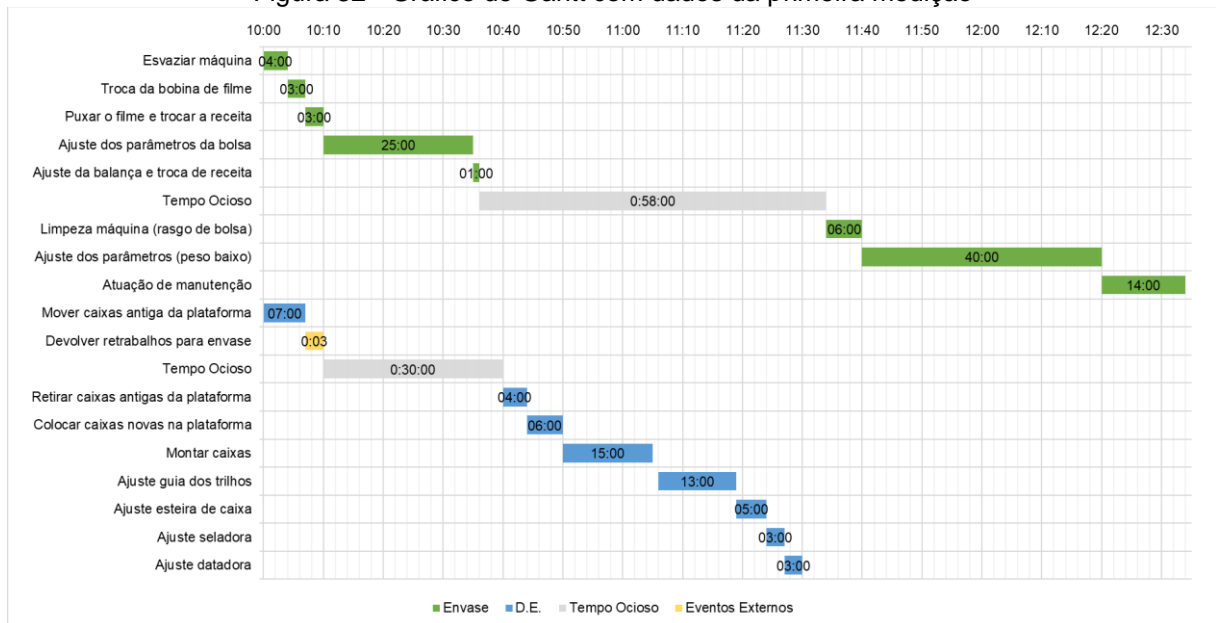
Para que a equipe tenha um primeiro contato com o projeto e possa participar da construção e apresentação das definições iniciais, é essencial realizar uma reunião chamada de *kickoff* (pontapé inicial, em tradução literal do inglês). Essa reunião permite que todos os membros se familiarizem com a proposta do projeto, alinhando expectativas e objetivos, e possibilita o início efetivo dos trabalhos com uma visão compartilhada.

## 4.2.2 Etapa Medir do projeto

Para realizar a etapa medir foi necessário fazer uma coleta de dados, uma vez que não havia dados específicos sobre as atividades realizadas durante a troca de formato. Pensando nisso, o conceito da ferramenta SMED foi utilizada para obter e cronometrar cada atividade feita durante a troca e, com a plotagem dos dados no gráfico de Gantt, foi possível ter uma melhor visão do processo para analisá-lo. Além disso, também foi utilizado o diagrama de espaguete para observar os movimentos realizados pelos operadores e auxiliares durante a troca de formato.

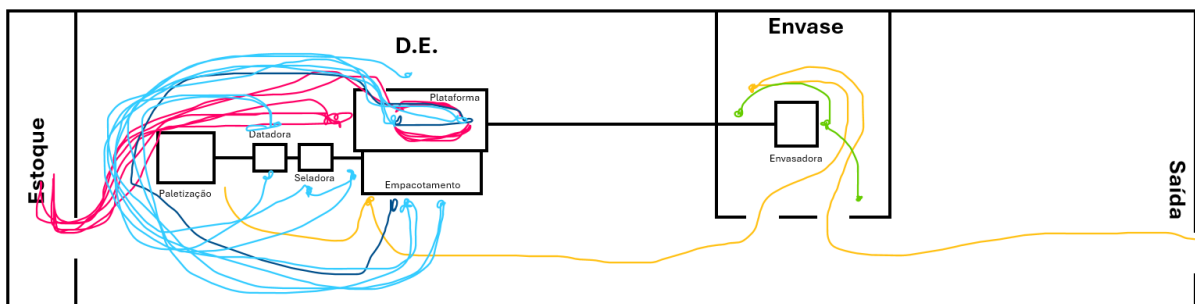
Os dados obtidos na primeira medição são apresentados na Figura 32 e Figura 33.

Figura 32 - Gráfico de Gantt com dados da primeira medição



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

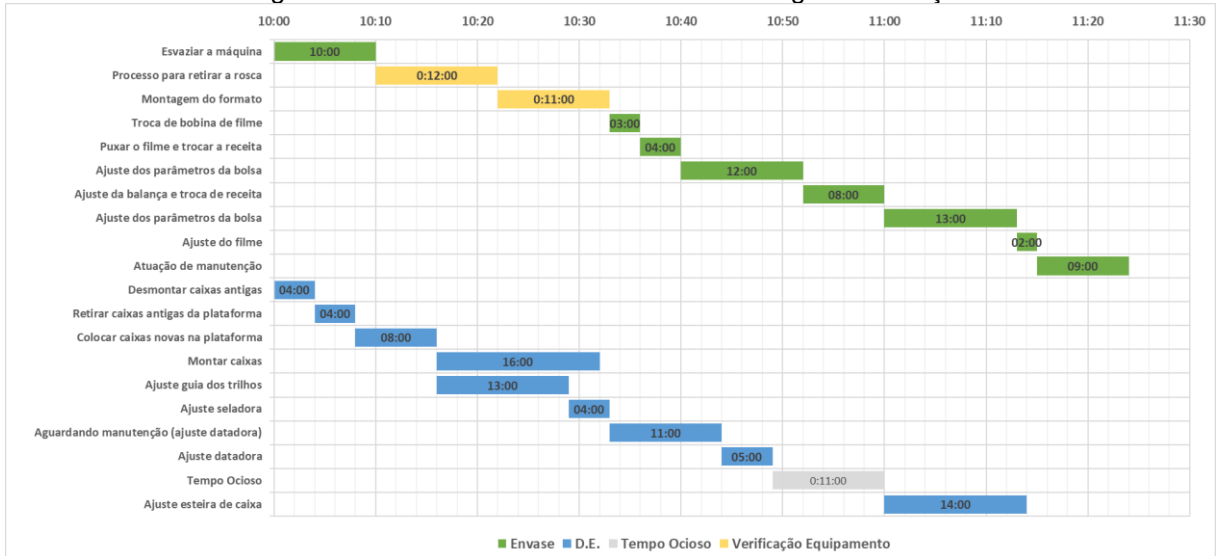
Figura 33 - Diagrama de espaguete da primeira medição



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

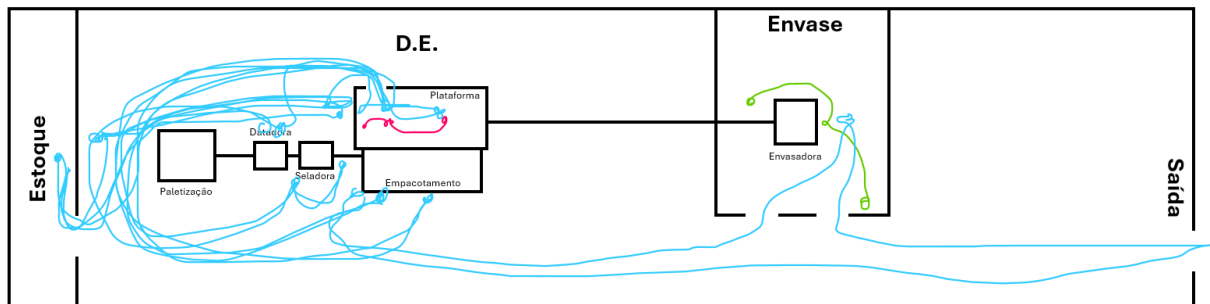
Os dados obtidos na segunda medição são apresentados na Figura 34 e Figura 35. Nesse caso, vale citar que a atividade denominada “verificação de equipamento” não é realizada de forma recorrente em todo procedimento de troca de formato.

Figura 34 - Gráfico de Gantt com dados da segunda medição



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

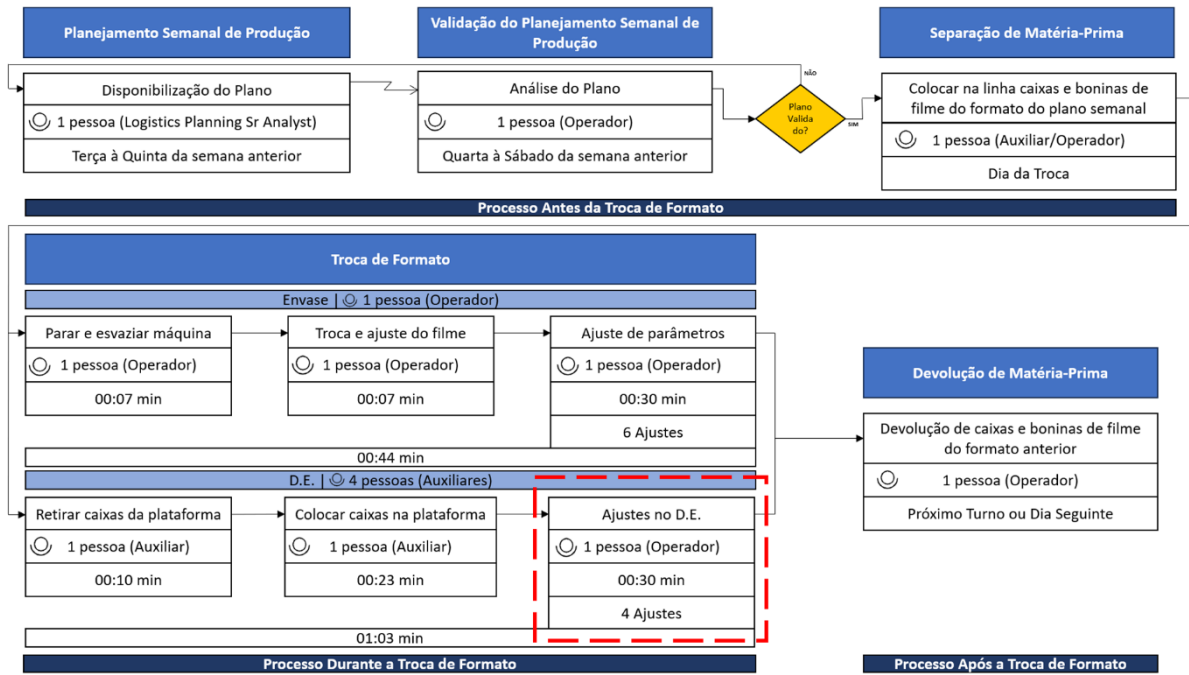
Figura 35 - Diagrama de espaguete da segunda medição



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Visando otimizar o tempo para o início da próxima etapa, foi decidido que os dados coletados já ilustravam o processo de forma satisfatória. Dessa forma, o VSM (Figura 36) do processo foi criado com base nesses dados e em observações feitas durante as medições, nele foi possível notar os principais pontos de oportunidades dentro do processo estão presentes no DE.

Figura 36 - VSM (Value Stream Mapping) do projeto



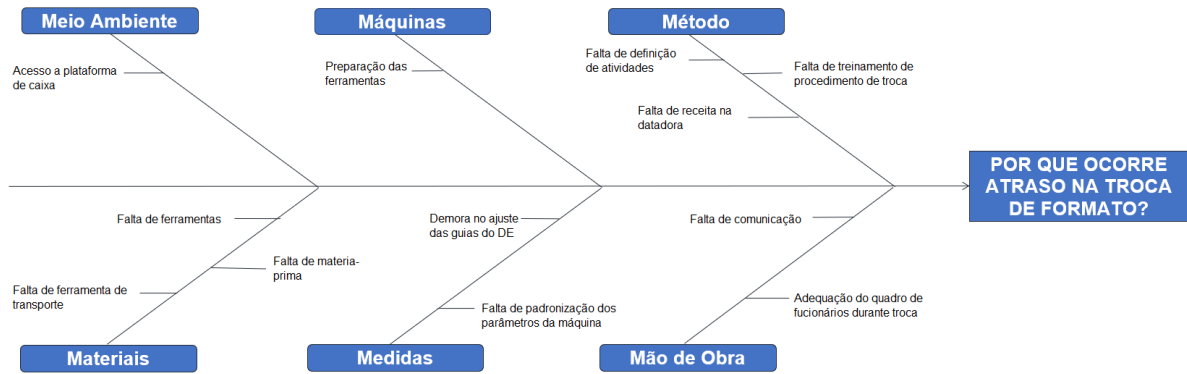
Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Com as medições realizadas e seus resultados, foi possível obter um embasamento para ser discutido na próxima fase, a etapa analisar.

#### 4.2.3 Etapa Analisar do projeto

Para aplicar as ferramentas da etapa “Analisar” e estruturar suas construções, foi necessário reunir a equipe do projeto. O diagrama de Ishikawa, ilustrado na Figura 37, foi elaborado por meio de uma sessão de *brainstorming*, na qual a pergunta “Por que ocorre atraso na troca de formato?” foi o ponto de partida, e as causas foram organizadas com base nos 6Ms. Vale destacar uma boa prática utilizada nessa etapa: cada membro da equipe registrou suas ideias de forma individual em um *post-it*, evitando que uma ideia inicial influenciasse as demais e garantindo uma discussão sem vieses, fortalecendo a qualidade do *brainstorming*.

Figura 37 - Diagrama de Ishikawa



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Em seguida, foi utilizada a metodologia dos 5 porquês para encontrar a causa raiz dos problemas levantados no diagrama de Ishikawa. Através do questionamento repetitivo das 12 causas levantadas foi possível encontrar 6 causas raízes (Figura 38) do problema tratado, visto que muitas das causas culminavam em uma mesma causa raiz.

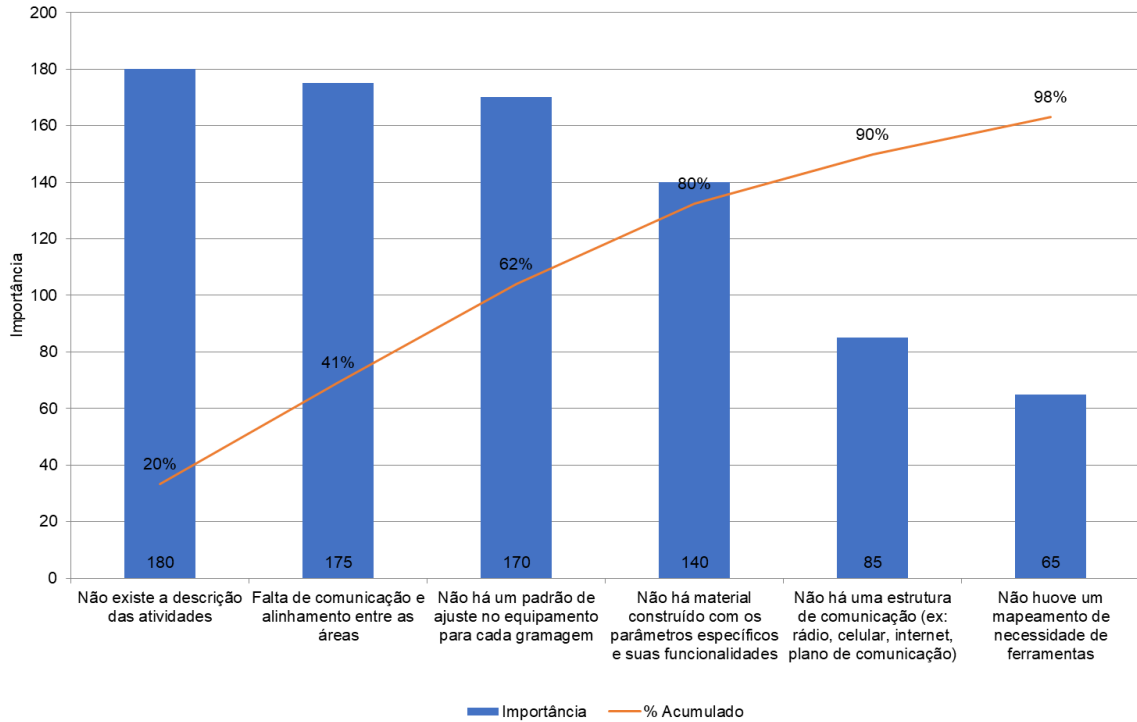
Figura 38 - Os 5 porquês do projeto

Nº	PROBLEMA		ATRASO NA TROCA DE FORMATO					Causa Raiz
	CAUSAS	Por Quê?	Por Quê?	Por Quê?	Por Quê?	Por Quê?		
1	Falta de definição de atividades	Não existe treinamento	Não existe a descrição das atividades					Não existe a descrição das atividades
2	Falta de treinamento de procedimento de troca	Não existe treinamento	Não existe a descrição das atividades					Não existe a descrição das atividades
3	Falta de receita na datadora de caixa	Houve perda da receita	Houve troca do equipamento, que veio externo	Equipamento externo não veio com a receita	Fornecedor não tem receitas da empresa	Falta de criação de receita para equipamentos que são trocados		Falta de comunicação e alinhamento entre as áreas
4	Demora no ajuste das guias do DE	O ajuste é muito manual	Não há um padrão de ajuste no equipamento para cada gramagem					Não há um padrão de ajuste no equipamento para cada gramagem
5	Falta de padronização dos parâmetros da máquina de envase	Falta de conhecimento sobre nova tecnologia	Não houve um treinamento específico	Não há material construído com os parâmetros específicos e suas funcionalidades				Não há material construído com os parâmetros específicos e suas funcionalidades
6	Adequação do quadro de funcionários durante troca	Não existe a descrição das atividades e responsável por elas	Não existe treinamento	Não existe a descrição das atividades				Não existe a descrição das atividades
7	Falta de comunicação	Não há uma estrutura de comunicação (ex: rádio, celular, internet, plano de comunicação)						Não há uma estrutura de comunicação (ex: rádio, celular, internet, plano de comunicação)
8	Dificuldade de acesso a plataforma de caixa	Necessidade grande movimentação devido ajuste manual de guias	O ajuste é muito manual	Não há um padrão de ajuste no equipamento para cada gramagem				Não há um padrão de ajuste no equipamento para cada gramagem
9	Falta de ferramenta de transporte	Não há uma instrução para o transporte do ferramental	Não existe a descrição das atividades					Não existe a descrição das atividades
10	Falta de matéria-prima	Falta de organização na disponibilização de materiais	Não existe a descrição das atividades					Não existe a descrição das atividades
11	Falta de ferramentas	Não houve disponibilização de ferramentas na partida de linha	Não houve um mapeamento de necessidade					Não houve um mapeamento de necessidade de ferramentas
12	Falta de preparação do ferramental	Falta de organização na disponibilização do ferramental	Não existe a descrição das atividades					Não existe a descrição das atividades

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Para saber qual causa raiz priorizar foi utilizada uma matriz de priorização: as causas raízes encontradas foram indicadas como as entradas, e as saídas escolhidas foram a contribuição para o tempo, qualidade e custo do processo. A partir disso, um gráfico de Pareto (Figura 39) foi construído e as causas prioritárias foram escolhidas a partir da ideia do 80:20.

Figura 39 - Pareto da matriz de priorização



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

#### 4.2.4 Etapa Melhorar do projeto

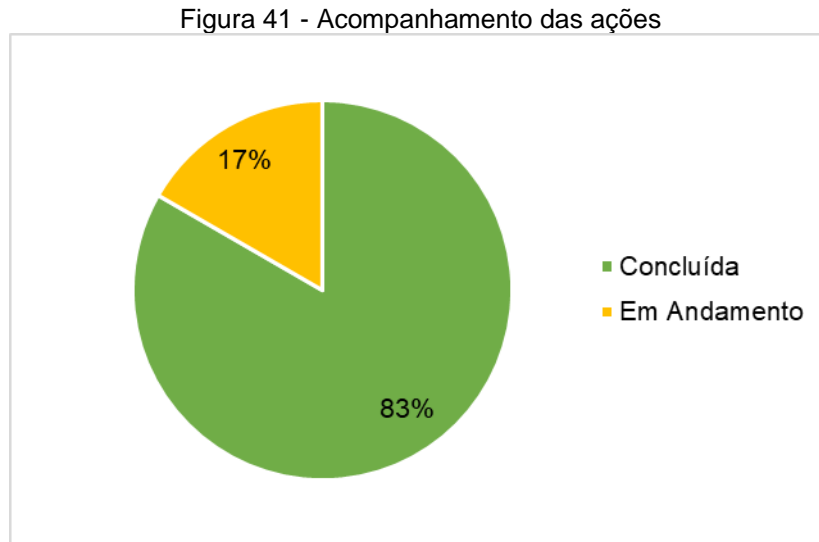
Tendo as causas raízes que serão tratadas, um novo *brainstorming* foi realizado elencando as possíveis ações que poderiam ser implementadas para solucionar essas causas. Para ter uma noção do quão válido é executar essas ações, uma matriz de esforço e benefício foi montada. A Figura 40 apresenta a representação dessa matriz em um formato tabelado, com suas classificações de quadrantes mostradas na coluna "priorização".

Figura 40 - Representação tabelada da matriz de esforço e benefício do projeto

Causa Raiz	Sugestões de melhorias	Esforço	Benefício	Priorização
Não existe a descrição das atividades do processo	1) Realizar descrição das atividades (procedimento operacional padrão) - Definir um piloto	Baixo	Alto	1
Não existe a descrição das atividades do processo	2) Treinamento das atividades específicas	Baixo	Alto	1
Falta de comunicação entre as áreas	1) Definir um fluxo para atualização de	Baixo	Baixo	2
Não há um padrão de ajuste no equipamento para cada gramagem	1) Fazer adequação com métrica nos trilhos do DE para cada gramatura	Baixo	Alto	1
Não há material construído com os parâmetros específicos e suas	1) Construir material com cada parâmetro da máquina e suas funcionalidades	Alto	Alto	3
Não há material construído com os parâmetros específicos e suas	2) Aplicar treinamento desse material	Baixo	Alto	1

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Feito isso, a partir das soluções priorizadas foi realizado um plano de ação baseado na metodologia 5W2H. Foi possível utilizar uma planilha para adicionar as ações e realizar seu acompanhamento. Essa etapa só foi concluída ao atingir, pelo menos, 80% de conclusão dos planos de ação, como mostra a Figura 41.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

#### 4.2.5 Etapa Controlar do projeto

Com o objetivo do projeto atingido e 83% das ações traçadas finalizadas, a etapa controlar foi realizada. A equipe foi reunida, todos os materiais desenvolvidos, as conquistas e os aprendizados obtidos com o projeto foram repassados aos presentes e ao responsável pela linha de produção, dessa forma tudo o que foi desenvolvido pode continuar sendo aplicado. Dessa maneira o projeto foi finalizado.

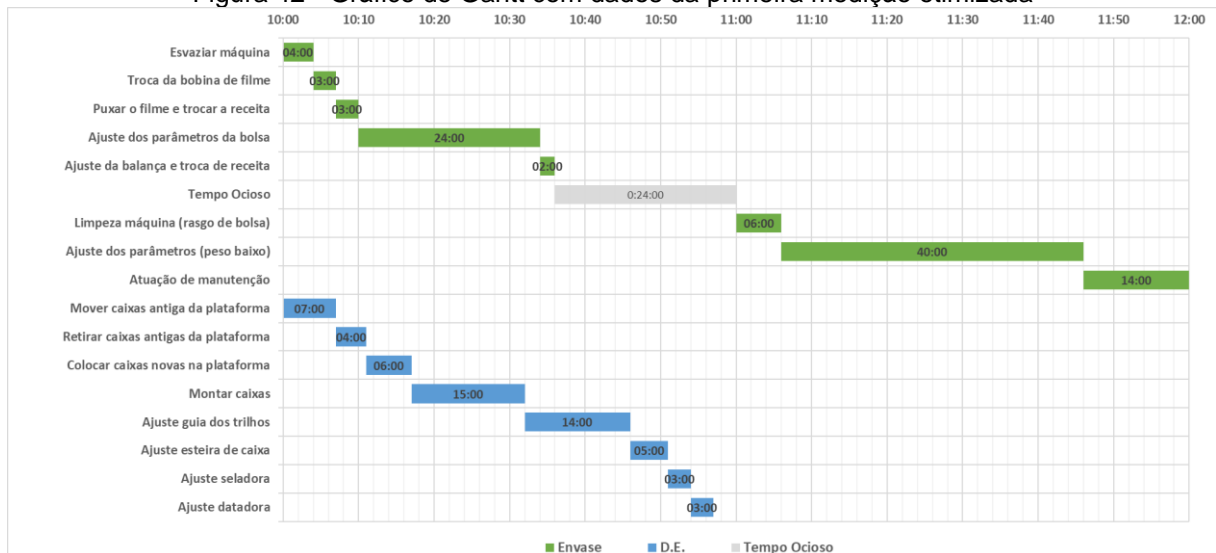
## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de explorar os resultados encontrados com o desenvolvimento do projeto, vale ressaltar alguns pontos importante levantados ao longo das etapas do DMAIC, que tiveram uma grande contribuição para o projeto.

Na etapa medir foi elaborada a otimização da coleta de dados realizada, para verificar se a retirada de eventos considerados externos e tempos ociosos, no qual a máquina ficou parada sem necessidade, permitiria que o tempo de troca de formato ficasse dentro de 1 hora, como pedia a meta do projeto.

A otimização da primeira medição é apresentada na Figura 42. Ainda se nota que restou um tempo ocioso nas atividades realizadas no envase, pois existe uma dependência com as atividades do departamento de empacotamento (D.E.), estas precisam ser finalizadas para a continuidade da troca de formato.

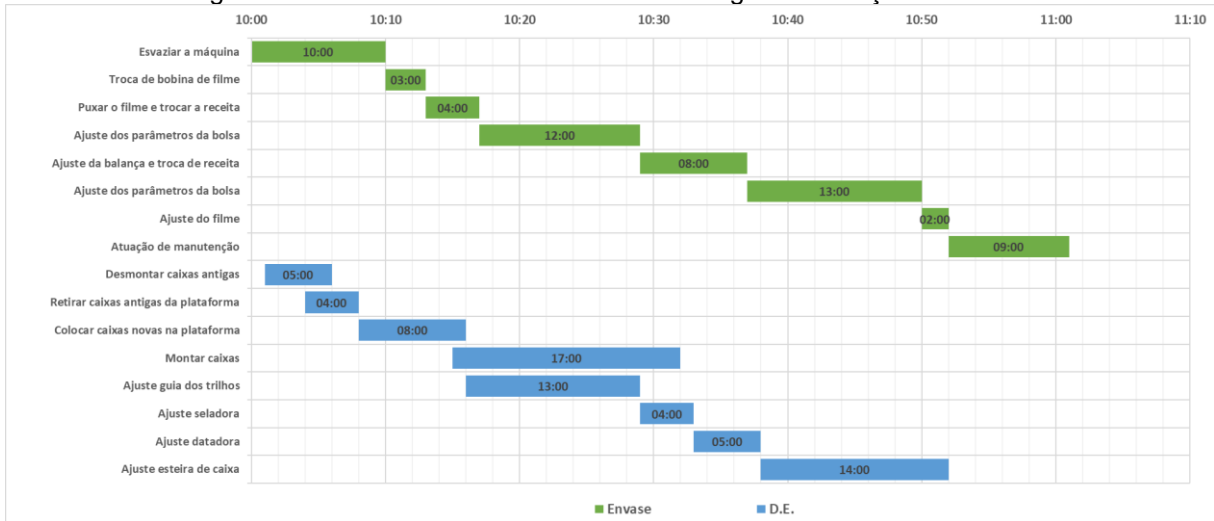
Figura 42 - Gráfico de Gantt com dados da primeira medição otimizada



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Do mesmo modo, foi elaborada uma otimização da segunda medição, ilustrada na Figura 43.

Figura 43 - Gráfico de Gantt com dados da segunda medição otimizada



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Na Tabela 3, é observado o tempo real e otimizado das medições realizadas, uma melhora significativa é notada nos tempos, inclusive um troca realizada dentro do período de 1 hora, validando o objetivo do projeto como uma meta alcançável.

Tabela 3 - Comparação do tempo planejado, real e otimizado das medições

Medição	Tempo Planejado	Tempo Real	Tempo Otimizado
1ª	2:00	2:34	2:00
2ª	2:00	1:24	1:01

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Pela análise dos gráficos de Gantt, foi possível notar que existem algumas atividades que são os maiores ofensores no tempo de troca de formato, elas são levantadas nas Tabela 4 (envase) e Tabela 5 (DE), juntamente com seu tempo médio de duração. Essas atividades foram levadas para a reunião da etapa analisar, dessa forma houve um enriquecimento do *brainstorming* ao levantar questionamentos sobre a demora ao efetuá-las.

Tabela 4 - Principais ofensores do envase

Atividade	Tempo Médio de Execução
Ajuste dos parâmetros da bolsa	0:24:30
Atuação de manutenção	0:11:30
Esvaziar máquina	0:07:00

Fonte: Elaborado pela autora (2024).

Tabela 5 - Principais ofensores do DE (departamento de empacotamento)

<b>Atividade</b>	<b>Tempo Médio de Execução</b>
Retirar e colocar caixas na plataforma	00:16:30
Montar caixas	00:15:30
Ajuste guia dos trilhos	00:13:30

**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

É interessante comentar os diagramas de espaguete apresentados nas Figura 33 e Figura 35, pois com um simples acompanhamento das atividades durante a medição foi observado que, no empacotamento, há uma enorme repetição dos movimentos, principalmente para o ajuste dos trilhos da guia de caixa. Também foi visto que há uma concentração de movimentos em um colaborador, salientando que há uma divisão de responsabilidades durante a troca de formato desigual. Essa ferramenta permitiu ilustrar e mapear de forma clara diversas oportunidades de melhoria no processo.

Ao final da etapa melhorar, mais de 80% das ações propostas foram realizadas, e, apesar do plano de ação não estar 100% concluído, as atividades feitas já demonstravam o resultado esperado com o projeto, ou seja, a troca de formato era realizada em 1 hora ou até menos. Dentre as principais ações feitas podem ser comentadas:

- **Definição de papéis e responsabilidades:** foi construído um documento com todo o descritivo do processo de troca de formato, elencando de forma minuciosa cada atividade realizada durante esse processo. Com os dados coletados da etapa medir, os tempos médios para realização dessas atividades foram levantados, dessa forma, foi possível distribuir de forma estratégica as atividades entre todos os operadores e auxiliares responsáveis pela troca, visando maior agilidade e menor movimentação.
- **Aplicação de treinamento:** com a construção desse documento todas as pessoas responsáveis pela troca de formato foram treinadas para realizar o processo da forma como foi especificado, isso fez com que os colaboradores envolvidos tivessem consciência de seu papel e responsabilidade e a compreensão do processo como um todo, sendo possível realizá-lo de forma mais ágil e eficaz.

- **Inserção de marcações e ferramentas nos equipamentos:** no processo do DE, os sachês são colocados dentro de caixas, que possuem diferentes tamanhos de acordo com a gramatura dos sachês, dito isso, há uma guia para que as caixas possam ser transportadas da plataforma até o local de empacotamento. Durante a troca de formato, o ajuste dos trilhos dessa guia deve ser feito para se adequar ao tamanho da caixa. Foi inserido nesses trilhos marcações pré-determinadas para cada gramatura de sachê, dessa forma, ao realizar a troca não houve mais necessidade de ajustar os trilhos por tentativa e erro, também foram adicionadas porcas do tipo borboleta para facilitar e agilizar esse ajuste.
- **Comunicação assertiva:** dentro dos papéis e responsabilidades foram adicionadas etapas de comunicação entre os colaboradores, por exemplo, o auxiliar responsável pela paletização deve comunicar ao auxiliar responsável pela montagem das caixas a quantidade necessária para finalizar o volume de produção planejado, dessa forma, o retrabalho de desmontar as caixas durante o *setup* para troca de formato é evitado, economizando um tempo médio de 10 minutos.

Após a implementação dessas melhorias novas medições foram realizadas para verificar sua assertividade e impacto na troca de formato. A Tabela 6 apresenta esses resultados.

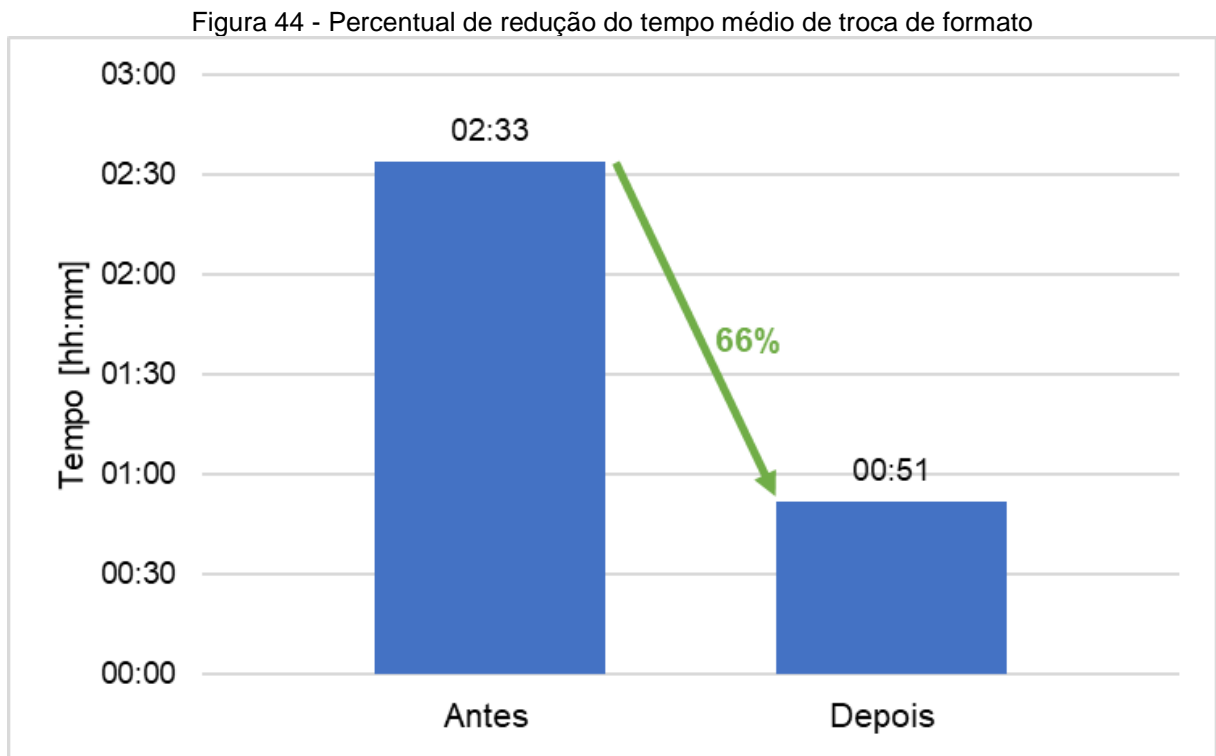
Tabela 6 - Medições pós melhorias

<b>Tipo de Troca</b>	<b>Tempo Planejado</b>	<b>Tempo Real</b>
800g para 1500Kg	01:00:00	00:40:00
450g para 2000Kg	01:00:00	00:53:00
800g para 1500Kg	01:00:00	01:02:00

**Fonte:** Elaborado pela autora (2024).

É possível notar que a meta estabelecida pelo projeto de otimizar o tempo de troca de formato para 1 hora foi atingido e ainda ultrapassado em alguns casos. Isso mostra que o desenvolvimento e aplicação do projeto foram positivos e trouxeram resultados esperados. Na Figura 44 é possível ver a média do tempo de troca antes e

depois da realização do projeto, foi observado que o percentual de redução médio foi de 66%, superando a meta inicial de 50%.



Fonte: Elaborado pela autora (2024).

## 6 CONCLUSÕES

Com a realização desse trabalho foi possível estudar o uso de diversas ferramentas *Lean Six Sigma*, organizadas dentro da metodologia DMAIC, para atingir o tempo de *setup* de troca de formato, ou seja, o tempo necessário para realizar os ajustes dos equipamentos presentes na linha para sua adequação perante a mudança de gramatura de embalagem, de uma linha de produção de achocolatado em pó. Como apresentado na definição do problema do estudo de caso, o tempo de troca de formato de embalagem de sachê era superior a 2 horas e, com o projeto, foi possível realizar essa troca em até 1 hora, apresentando um percentual de redução de tempo médio de troca de 66%, ressaltando a eficiência do uso dessa metodologia na otimização de processos industriais.

Também foi possível conhecer melhor algumas ferramentas de melhoria contínua, estudando seus objetivos, funcionamentos e formas de aplicação em diferentes áreas, permitindo replicá-las em outros cenários em que oportunidades de melhoria sejam observadas. Além disso, o estudo mais aprofundado da indústria de achocolatado em pó também foi feito, permitindo conhecer melhor seu produto e processos de produção.

Tendo em vista que diversas empresas buscam a constante melhora de seus processos, com o objetivo de aumentarem sua produtividade, ter propriedade sobre as técnicas para implementar um projeto utilizando a metodologia DMAIC é de grande valia para um profissional, considerando que essas ferramentas podem ser aplicadas, não somente na indústria, mas em qualquer área de trabalho.

Vale salientar que as ferramentas *Lean Six Sigma* servem como um guia para o responsável pelo projeto conseguir executá-lo, entretanto elas não são imutáveis, podem ser adaptadas de acordo com a necessidade de cada projeto. O importante é seguir a ideia principal das ferramentas e etapas do DMAIC, visando realizar o projeto de forma organizada, com um objetivo claro em mente e alcançando a meta estabelecida em seu início.

## 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 Nº 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.

BARROS, D. J. M. D. **Desenho e avaliação de formulações de achocolatados processados por processo convencional e instatâneo**. 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.

CAMPOS, I. C. C. **Desenvolvimento de achocolatados em pó com adição de subprodutos de frutas, processados por spray dryer e com modificador reológico**. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2020.

CODEX. **Standard for chocolate and chocolate products**. CODEX ALIMENTARIUS - International Food Standards. [S.l.]. 1981.

CONCEPT. Misturadores de Fita tipo Batelada – WBN. **Concept - Tecnologia em Equipamentos**, 2024. Disponível em: <<https://www.conceptequipamentos.com.br/produto/misturadores-de-fita-tipo-batelada-wbn/>>. Acesso em: 2024 out. 25.

COPCO, A. Os princípios básicos do transporte pneumático. **Atlas Copco**, 2024. Disponível em: <<https://www.atlascopco.com/pt-br/compressors/industry-solutions/pneumatic-conveying-systems/basic-principles>>. Acesso em: 25 out. 2024.

COSTA, R. S.; JARDIM, E. **Gestão de Operações de Produção e Serviços**. Rio de Janeiro: Atlas, 2017. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788597013603/>>. Acesso em: 26 out. 2024.

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, I. A. **Padrão de Identidade e de Qualidade de gêneros alimentícios da Agricultura Familiar**. FNDE - Ministério da Educação. [S.l.]. 2021.

EDUARDO, M. D. F. **Avaliação reológica e físico-química de achocolatado e bebidas achocolatadas**. Universidade de São Paulo. São Paulo - SP. 2005.

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

FIDELMAN, A.; LANGE, T. N. **Incongruências no regulamento técnico para chocolate e produtos de cacau que interferem na qualidade do chocolate brasileiro e na saúde do consumidor**. Centro Universitário Senac. Salvador - BA. 2016.

FONTES, B. et al. **Análise do mercado consumidor brasileiro de**. UERJ. Rio de Janeiro. 2007.

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.

GEANKOPLIS, C. J. **Procesos de transporte y operaciones unitarias**. 3ª. ed. México: CECSA, 1998.

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.

JUNQUEIRA, M. N. et al. **Utilização da ferramenta gráfico de gantt no processo produtivo de uma empresa de equipamentos médicos de franca-sp**. enegep. Fortaleza - CE. 2015.

LANNES, S. C. D. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray-dryer. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, São Paulo, 2003.

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

MATOS, S. P. D. **Operações Unitárias - Fundamentos, Transformações e Aplicações dos Fenômenos Físicos e Químicos**. Rio de Janeiro: Érica, 2015. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788536520018/>>. Acesso em: 08 nov. 2024.

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, M. L. **Estudo e aplicação de substituição de cacau**. Universidade de São Paulo. São Paulo - SP. 2006.

MELLO, F. R. D. et al. **Tecnologia de Alimentos para Gastronomia**. 2ª. 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, C. R. et al. **Práticas em tecnologia de alimentos (Tekne)**. Porto Alegre: ArtMed, 2015. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788582711965>>. Acesso em: 25 out. 2024.

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.

PIRATAS do Caribe: No Fim do Mundo. Direção: Gore Verbinski. Produção: Jerry Bruckheimer. [S.l.]: Walt Disney Pictures. 2007.

PIRES, L. Estratégias de redução de setup time em linhas de produção. **Sensio**, 2024. Disponível em: <<https://www.sensio.com.br/blog/estrategias-de-reducao-de-setup>>



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.