



**Programa de Pós-Graduação Lato Sensu
Engenharia da Qualidade 4.0
Certificado Black Belt**



DAIANE ALINE STRENSKE
JULIANA CARLA XAVIER LIMA
THIAGO HENRIQUE JORIS

ESTUDO DE REDUÇÃO DO SOBREPESO EM QUEIJOS ANÁLOGOS

ALIBRA INGREDIENTES SA

**TOLEDO
2024**

DAIANE ALINE STRENSKE
JULIANA CARLA XAVIER LIMA
THIAGO HENRIQUE JORIS

ESTUDO DE REDUÇÃO DO SOBREPESO EM QUEIJOS ANÁLOGOS

ALIBRA INGREDIENTES SA

Monografia apresentada como resultado parcial à obtenção do grau de Especialista em Engenharia da Qualidade 4.0 - Certificado *Black Belt*. Curso de Pós-graduação *Lato Sensu*, Setor de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Anderson Donato

TOLEDO
2024

RESUMO

Este projeto teve como objetivo identificar e solucionar o problema do sobrepeso nas peças de queijo análogo durante o processo de embutimento. Foram observadas inconsistências na velocidade de embutimento, erros na configuração dos equipamentos e falta de monitoramento adequado durante a fabricação, que contribuíram significativamente para esse problema. A investigação do processo baseou-se nos conceitos do Lean Seis Sigma, utilizando a ferramenta DMAIC e outras ferramentas associadas, como diagramas de Ishikawa, matrizes de priorização e cartas de controle. As causas foram identificadas e soluções viáveis foram desenvolvidas. Entre as soluções priorizadas estão a implementação de tecnologias avançadas de controle de processo, treinamento dos operadores e revisão do sistema de manutenção preventiva. Algumas soluções já foram testadas com sucesso, enquanto outras aguardam a instalação de novos equipamentos para realização de testes. O projeto culmina em um plano de ação detalhado para a implementação das soluções em larga escala, visando garantir a consistência e qualidade do produto.

Palavras-chave: Lean Seis Sigma, DMAIC, queijo análogo, sobrepeso.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Sequência dos cinco princípios do Pensamento Lean.....	17
Figura 2	Curva média da distribuição de seis desvios-padrão.....	19
Figura 3	Curva média da distribuição de 4,5 desvios-padrão.....	20
Figura 4	Ferramentas do Seis Sigma	23
Figura 5	Mapa de raciocínio da etapa define.....	24
Figura 6	Mapa de raciocínio da etapa Measure.....	25
Figura 7	Mapa de raciocínio da etapa Analyse.....	27
Figura 8	Exemplo de um diagrama de dispersão.....	28
Figura 9	Mapa de raciocínio da etapa Improve.....	29
Figura 10	Mapa de raciocínio da etapa Control.....	30
Figura 11	Integração do Lean e do Seis Sigma	31
Figura 12	Fluxograma das principais etapas do trabalho.....	35
Figura 13	Cartas de controles das amostras.....	37
Figura 14	Histograma dos dados dos pesos.....	45
Figura 15	SIPOC do processo.....	46
Figura 16	Carta de Projeto.....	47
Figura 17	Árvore de estratificação do Sobrepeso de peças de queijo análogo	48
Figura 18	Carta de controle referente ao Turno A.....	50
Figura 19	Carta de Controle Turno B.....	51

Figura 20	Carta de controle turno C.....	52
Figura 21	Parâmetro 42 kg/min.....	53
Figura 22	Parâmetro 22 kg/min.....	54
Figura 23	Fluxograma processo de produção do queijo análogo.....	55
Figura 24	Diagrama de Ishikawa para o sobrepeso das peças de queijo análogo	56
Figura 25	Priorização das causas dos focos 1 e 2.....	62
Figura 26	Pedido de compra do equipamento.....	72
Figura 27	Carta de aquisição da empresa hospedeira.....	73

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Ferramentas usadas na metodologia Lean.	17
Quadro 2	Define: Questões e Atividades / Dados.....	39
Quadro 3	Measure: Questões e Atividades / Dados.....	40
Quadro 4	Analyze: Questões e Atividades / Dados.....	41
Quadro 5	Improve: Questões e Atividades / Dados.....	42
Quadro 6	Control: Questões e Atividades / Dados.....	43
Quadro 7	Diagrama de matriz.....	59
Quadro 8	Soluções priorizadas.....	65
Quadro 9	Análise de risco	65
Quadro 10	Plano de ação.....	67
Quadro 11	Ações implementadas conforme planejado para turno de Produção e Velocidade de Embutimento.....	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Diferença na quantidade de Defeitos por Milhão de Oportunidades Seis Sigma teórico e real	20
Tabela 2	Análise de Viabilidade e Impacto.....	64

LISTA DE SIGLAS

DMAIC	Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar
SA	Sociedade Anônima
LSE	Limite Superior de Especificação
LIE	Limite Inferior de Especificação
LS	Limite Superior
LI	Limite Inferior

LISTA DE SÍMBOLOS

μ	Média de Distribuição
σ	Desvio Padrão
η	Tamanho da amostra
E	Erro
α	Nível de significância dado por $100(1-\text{nível de confiança}) \%$
Z	Variável de uma distribuição normal padronizada

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	9
1.2	FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	10
1.3	JUSTIFICATIVA.....	10
1.4	HIPÓTESE	11
1.5	OBJETIVOS	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1	O PENSAMENTO <i>LEAN</i>	14
2.2	TIPOS DE DESPERDÍCIOS	15
2.3	PRINCÍPIOS DO PENSAMENTO <i>LEAN</i>	16
2.4	FERRAMENTAS DE SUPORTE AO <i>LEAN</i>	17
2.5	SEIS SIGMA	18
2.6	METODOLOGIA DMAIC	21
2.6.1	DEFINIR (<i>DEFINE</i>)	23
2.6.2	MEDIR (<i>MESURE</i>)	25
2.6.3	ANALISAR (<i>ANALYSE</i>)	26
2.6.4	MELHORAR (<i>IMPROVE</i>)	28
2.6.5	CONTROLAR (<i>CONTROL</i>)	29
2.7	LEAN SEIS SIGMA	30
2.7.1	APLICACÃO DO LEAN SEIS SIGMA NA PRODUÇÃO DE QUEIJOS ANÁLOGOS	32

3	METODOLOGIA	33
3.1	DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA	33
3.2	DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO	34
3.3	DESCRIÇÃO DO PROBLEMA.....	36
3.4	APLICACAO DO DMAIC	38
3.4.1	FASE DEFINIR (<i>DEFINE</i>).....	38
3.4.2	FASE MEDIR (<i>MEASURE</i>).....	39
3.4.3	FASE ANALISAR (<i>ANALYZE</i>).....	41
3.4.4	FASE MELHORAR (<i>IMPROVE</i>).....	42
3.4.5	FASE CONTROLAR (<i>CONTROL</i>).....	43
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES MAPA DE RACIOCÍNIO	43
4.1	RESULTADOS DA ETAPA DEFINIR	41
4.2	RESULTADOS DA ETAPA MEASURE.....	48
4.3	RESULTADOS DA ETAPA ANALYZE.....	55
4.4	RESULTADOS DA ETAPA IMPROVE.....	63
4.5	RESULTADOS DA ETAPA CONTROL.....	74
5	CONCLUSÕES.....	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	77

1. INTRODUÇÃO

A busca pela excelência nos processos produtivos tem sido uma constante na indústria alimentícia, especialmente no setor de laticínios. Entre os diversos produtos oferecidos, o queijo análogo se destaca como uma alternativa economicamente viável e nutricionalmente equilibrada, atendendo à crescente demanda do mercado por produtos que conciliam qualidade, sabor e custo-benefício. Neste contexto, a metodologia Six Sigma se apresenta como uma ferramenta essencial para a otimização de processos e redução de variabilidades. Esta metodologia, por meio do ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), permite uma abordagem estruturada e sistemática para a identificação e eliminação de problemas que impactam diretamente a qualidade e a eficiência dos processos produtivos.

O presente projeto de melhoria concentra-se no processo de pesagem e envase de um queijo análogo, etapas críticas que influenciam diretamente a uniformidade e a conformidade do produto final. A precisão na pesagem garante que o produto atenda às especificações legais e comerciais, enquanto o envase adequado assegura a integridade e a conservação do queijo durante o armazenamento e distribuição. A implementação de melhorias nesses processos visa a redução significativa das variações e desperdícios, além de aumentar a eficiência operacional e a satisfação dos clientes.

Este trabalho utilizará as ferramentas e técnicas da metodologia Six Sigma para identificar e corrigir os pontos críticos do processo, promovendo uma melhoria contínua e sustentável. No decorrer desta monografia, serão detalhados os procedimentos e resultados obtidos com a aplicação das etapas do ciclo DMAIC, demonstrando o impacto das ações implementadas na performance do processo e na qualidade do produto final. Espera-se que as conclusões deste estudo possam contribuir para a disseminação de boas práticas e para o fortalecimento da cultura de melhoria contínua na indústria de alimentos.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Na indústria alimentícia, garantir a qualidade e eficiência dos processos produtivos é crucial para sustentar a competitividade e atender às exigências dos

consumidores e reguladores. Os queijos análogos, desenvolvidos como alternativas econômicas aos queijos tradicionais, são produtos lácteos que utilizam ingredientes substitutos, como óleos vegetais e proteínas não lácteas, para replicar a textura e sabor dos queijos convencionais. Este segmento tem ganhado popularidade devido à sua versatilidade e custo reduzido, o que o torna atraente tanto para consumidores quanto para produtores. A produção desses queijos demanda rigorosos padrões de qualidade e precisão em todas as etapas para assegurar a consistência e a aceitação no mercado.

O controle de peso no envase dos queijos análogos é uma etapa crítica que impacta diretamente tanto a eficiência econômica quanto à conformidade com os padrões de qualidade. Variações no peso dos produtos podem resultar em desperdícios significativos de matéria-prima e afetar negativamente a percepção dos consumidores sobre a qualidade do produto final. A uniformidade e a precisão no peso são essenciais, pois desvios podem comprometer a satisfação do cliente e a reputação da empresa produtora. Portanto, um controle rigoroso e preciso durante o envase é fundamental para otimizar os recursos utilizados na produção e assegurar a entrega de produtos de alta qualidade e consistência.

1.2. FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Nesse contexto, a Alibra Ingredientes S.A., uma empresa líder na produção de queijos análogos no Brasil, enfrenta desafios significativos em seu processo de envase, que atualmente é realizado de forma manual e intermitente. Esta abordagem resulta em variações de peso das peças de queijo, levando a desperdícios financeiros e problemas de conformidade com os padrões de qualidade. As variações no peso dos produtos não apenas aumentam o desperdício de matéria-prima, mas também comprometem a qualidade e uniformidade dos produtos, aspectos fundamentais para manter a competitividade em um mercado altamente regulado e exigente.

1.3. JUSTIFICATIVA

A redução do desperdício de produto e a melhoria da precisão no peso dos queijos são de extrema importância, não apenas para a sustentabilidade financeira

da empresa, mas também para sua responsabilidade ambiental (Costa *et al.*, 2019). Além disso, estudos indicam que a precisão no peso dos alimentos embalados influencia diretamente a satisfação do consumidor (Ferreira & Santos, 2022). Portanto, melhorar esse aspecto do processo de produção pode reforçar significativamente a posição de mercado da Alibra Ingredientes S.A. e sua conformidade com as normativas de qualidade.

1.4. HIPÓTESE

A correção das deficiências identificadas na linha de envase de queijos análogos é essencial para melhorar a precisão e reduzir as perdas. A literatura sugere que a automação em linhas de produção alimentícia pode reduzir variações, minimizar desperdícios e aumentar a eficiência operacional (Gomes, 2020). Portanto, espera-se que a implementação de medidas adequadas resulte em uma significativa melhoria na precisão do peso das peças produzidas e uma redução substancial nos desperdícios de matéria-prima.

1.5. OBJETIVO

A meta principal é assegurar a conformidade das especificações de peso estabelecidas para o produto final, minimizando o desperdício de matéria-prima e otimizando a eficiência operacional. A busca pela redução do desperdício causado pela superdosagem é fundamental, pois tal desperdício representa não apenas uma perda financeira significativa, mas também uma ineficiência no aproveitamento dos recursos disponíveis. Para atingir essa meta, é necessário implementar um sistema de controle rigoroso que permita a conferência precisa do peso das peças de queijo análogo durante o processo de envase. Esse controle inclui a realização de ajustes finos nos parâmetros de operação da máquina de envase, de modo a reduzir as variações de peso que podem ocorrer ao longo do processo produtivo.

A proposta de ação envolve uma série de medidas integradas. Em primeiro lugar, é crucial estabelecer um procedimento de monitoramento contínuo do peso dos produtos. Isso garantirá que quaisquer desvios em relação às especificações sejam

imediatamente detectados e corrigidos. A implementação de um sistema de controle preciso e eficiente é essencial para assegurar que cada peça de queijo análogo esteja dentro das tolerâncias de peso estabelecidas. Essa abordagem não apenas melhora a precisão do peso dos produtos, mas também contribui para a consistência e uniformidade do produto final, fatores críticos para a satisfação do consumidor e a reputação da empresa.

Além do controle de peso, é necessário revisar e ajustar os parâmetros de operação das máquinas de envase. As variações no processo de envase podem ser causadas por diversos fatores, incluindo inconsistências na velocidade de embutimento, erros na configuração dos equipamentos e falta de monitoramento adequado durante o processo. Cada um desses fatores deve ser cuidadosamente analisado e ajustado para minimizar suas contribuições às variações de peso. Isso pode incluir a recalibração das máquinas, a revisão dos procedimentos operacionais e a implementação de protocolos de manutenção preventiva mais rigorosos.

Um componente crucial do plano de ação é o treinamento dos operadores. Os operadores desempenham um papel fundamental na manutenção da precisão e consistência do processo de envase. Treinamentos específicos serão realizados para garantir que todos os operadores estejam adequadamente preparados para ajustar e monitorar os equipamentos conforme necessário. Isso inclui a capacitação em técnicas de controle de qualidade, procedimentos de calibração e práticas de manutenção preventiva. Com operadores bem treinados, a empresa pode assegurar que o processo de envase seja executado com a máxima precisão e eficiência.

Com base nesse objetivo, a meta específica é reduzir em 42% o sobrepeso das embalagens de queijo análogo, de modo que as peças não ultrapassem 2,015 kg, reduzindo assim 11 gramas de produto a mais por peça. Essa meta ambiciosa será alcançada através de um conjunto de ações coordenadas que incluem a implementação de controles de processo rigorosos, ajustes precisos na configuração dos equipamentos e um programa abrangente de treinamento para operadores. A meta é reduzir o percentual de sobrepeso das peças de queijo análogo de 0,025 kg para 0,015 kg, alcançando essa redução de 42% no prazo de 6 meses.

A realização dessas ações trará benefícios significativos não apenas em termos de redução de desperdícios e eficiência operacional, mas também na melhoria da qualidade do produto final e na satisfação dos clientes. Além disso, essas melhorias contribuirão para a sustentabilidade financeira e ambiental da empresa, ao mesmo tempo que fortalecem sua posição competitiva no mercado.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo tem como objetivo expor a fundamentação teórica, verificando nas obras de autores e pesquisadores os assuntos que serviram de base para a elaboração deste trabalho. Os principais temas abordados incluem *lean manufacturing*, *six sigma* e *lean six sigma*. A observação dos estudos de outros pesquisadores indica o caminho já percorrido nessa temática e aponta quais possibilidades podem ser seguidas, de forma a elencar os conhecimentos já existentes sobre os assuntos e destacar os fundamentos principais de cada elemento. Nos subcapítulos a seguir, serão explicados o histórico, a importância, as técnicas para a aplicação do *lean six sigma* e diversos aspectos críticos relacionados ao controle de peso na indústria alimentícia, com foco especial na produção de queijos análogos.

2.1. O PENSAMENTO LEAN

No contexto da produção automobilística japonesa, diversos desafios surgiram, como a restrição da demanda no mercado interno, a necessidade de diversificação dos tipos de veículos, impactos econômicos significativos após a Segunda Guerra Mundial e o fortalecimento dos sindicatos que passaram a exigir melhores condições de trabalho. Diante desse cenário, os responsáveis pela Toyota perceberam que o modelo de produção em massa não era adequado ao Japão naquele momento. Assim, a partir dos esforços de Taiichi Ohno, nasceu o Sistema Toyota de Produção (STP), também conhecido como *Toyota Production System* (TPS), uma estratégia gerencial fundamentada na eliminação total dos desperdícios (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

O ambiente criado por Taiichi Ohno no STP visava reduzir o tempo entre o pedido do cliente e o recebimento do pagamento, eliminando atividades que utilizam recursos sem agregar valor ao produto (OHNO, 1997). Esse objetivo é ilustrado na Figura 4, que mostra a linha do tempo entre o pedido e o recebimento do dinheiro de um cliente (Figura 4).

Dessa forma, para eliminar o "muda" (palavra japonesa que significa "desperdício"), era necessário desenvolver uma nova maneira de produzir, utilizando

menos recursos (equipamentos, espaço, tempo e pessoas) e atendendo ao que os consumidores realmente desejavam. Essa nova forma de produção, baseada no conceito de melhoria contínua (GRABAN, 2013), foi posteriormente denominada produção enxuta ou *Lean Manufacturing* (JONES; WOMACK, 2004). Essa estratégia promoveu um desempenho significativamente superior no Japão, em termos de produtividade e qualidade, ao modificar a gestão dos processos produtivos para eliminar desperdícios (WOMACK; JONES; ROSS, 2004).

Além de melhorar a produção, o STP proporcionou experiências de aprendizado aos seus funcionários, a ponto de ser conhecido como Sistema de Pessoas Pensantes (Thinking People System – TPS). O pensamento enxuto ou *Lean Thinking* foi inicialmente incorporado e aceito na unidade da Toyota nos Estados Unidos (LIKER; HOSEUS, 2009). Esse reconhecimento decorre do fato de que os empregados eram frequentemente incentivados a desenvolver processos livres de defeitos (MATTHEWS; BRUEGGEMANN, 2015). Sakichi Toyoda enfatizou a importância do respeito a todas as partes interessadas (clientes, fornecedores, funcionários, comunidade) como fator crucial para o sucesso na implementação do *Lean* (GRABAN, 2013).

2.2. Tipos de Desperdício

Os desperdícios podem ser de dois tipos: o primeiro, aquele que não agrega valor, mas é inevitável nas condições atuais de produção e, o segundo tipo, aquele que não agrega valor, mas que pode ser eliminado do processo (OHNO, 1997).

Taiichi Ohno (1997), mentor do famoso Sistema de Produção Toyota, classificou os desperdícios em sete categorias:

1. Superprodução: Produzir mais do que o necessário, gerando estoques excessivos, deslocamentos adicionais, desequilíbrio na linha de produção e consumo desnecessário de recursos.
2. Tempo de espera: Quando equipamentos ou pessoas ficam parados aguardando materiais ou informações, causando desbalanceamento no fluxo produtivo.

3. Transporte: Movimentação desnecessária de recursos (materiais, documentos, ferramentas, pessoas ou equipamentos) entre locais.
4. Processamento desnecessário: Ações que não agregam valor ao produto e poderiam ser eliminadas sem alterar o resultado final.
5. Estoques excessivos: Compra excessiva de materiais, insumos e outros recursos, além de alta quantidade de itens estocados que não serão vendidos ou armazenados de forma obsoleta.
6. Movimento desnecessário: Movimentos dos trabalhadores que consomem tempo sem agregar valor, devido a um layout inadequado ou procedimentos não padronizados.
7. Produção de produtos defeituosos: Uso de recursos para corrigir, retrabalhar ou refazer produtos, resultando em insatisfação do cliente e custos adicionais.

Ainda, Liker (2005) elenca o oitavo desperdício:

8. Potencial humano (mão de obra). Subaproveitamento das habilidades e capacidades dos funcionários, desperdiçando o potencial criativo humano e de suas habilidades adquiridas.

Embora o pensamento enxuto tenha surgido em um ambiente industrial, esses desperdícios também ocorrem em serviços e áreas administrativas (JONES; WOMACK, 2004).

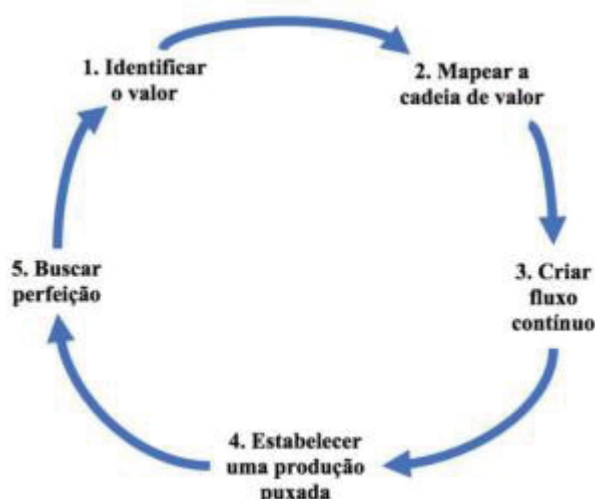
2.3. Princípios do Pensamento *Lean*

Para guiar a aplicação do pensamento enxuto, cinco princípios básicos foram definidos pela *Lean Enterprise Institute* (2018). De acordo com a *Lean Enterprise Institute* (2018), empresa sem fins lucrativos fundada por James P. Womack, para implementar o *Lean* as cinco etapas devem ser trabalhadas na seguinte sequência (Figura 1):

1. Valor: Especificar o valor do produto conforme a perspectiva do cliente.

2. Fluxo de valor: Identificar todas as etapas da cadeia de valor para cada produto e eliminar as etapas que não agregam valor.
3. Fluxo contínuo: Criar um fluxo contínuo de valor ao longo da cadeia até o consumidor, reduzindo os tempos de processamento.
4. Produção puxada: Permitir que o consumidor "puxe" o valor, produzindo apenas o que é desejado no tempo e na quantidade correta.
5. Perfeição: Continuar o processo até atingir a perfeição, onde o valor é criado sem desperdícios.

Figura 1 – Sequência dos cinco princípios do Pensamento *Lean*.



Fonte: *Lean Enterprise Institute*, 2018.

2.4. Ferramentas de Suporte ao *Lean*

O pensamento enxuto utiliza diversas ferramentas e estratégias para melhorar todos os fatores do processo, incluindo tempo de entrega, espaço de produção, trabalho dos funcionários e uso de recursos como máquinas e materiais (AHERNE; WHELTON, 2010). Algumas dessas ferramentas estão descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Ferramentas usadas na metodologia *Lean*.

Ferramenta <i>Lean</i>	Definição
5S	Método para organizar o local de trabalho de maneira a reduzir tempo e movimentações desperdiçados pelos funcionários, de

	modo que os problemas se tornem rapidamente aparentes
Kaizen	Termo japonês que significa “melhoria contínua”, focado na melhoria do local de trabalho pelos funcionários.
Verificação de erros	Método para determinar ou aperfeiçoar processos de maneira a diminuir a possibilidade do surgimento de erros
Gerenciamento visual	Método para dar visibilidade aos problemas, proporcionando reações e soluções mais rápidas.

Fonte: Graban, 2013.

2.5. Seis Sigma

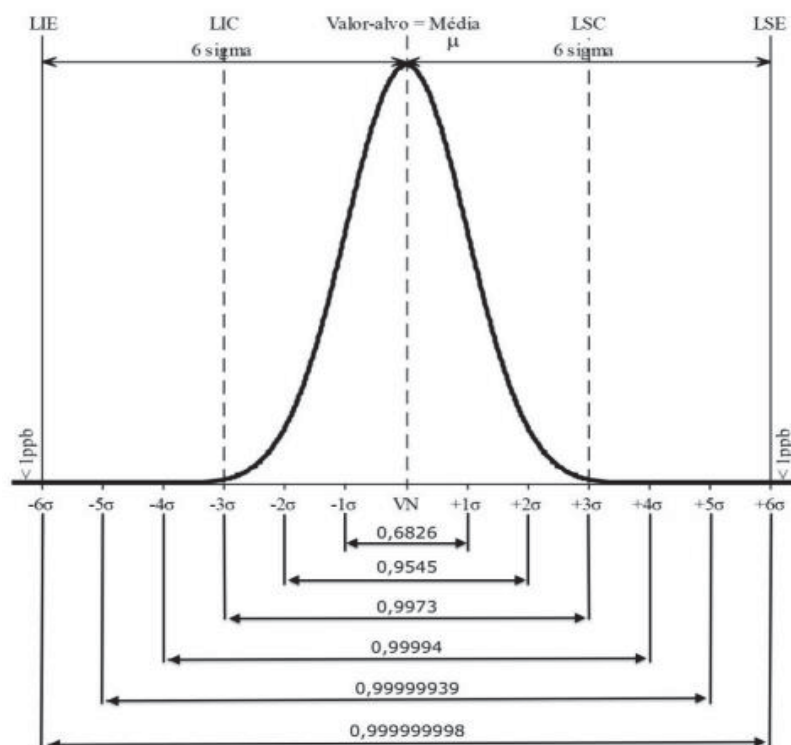
Segundo Pande, Neuman e Cavanagh (2000), o Seis Sigma é um método compreensível e flexível para alcançar, manter e maximizar o sucesso nos negócios, compreendendo as necessidades dos clientes, realizando análises baseadas em fatos e dados, e focando na gestão, melhoria e reinvenção de processos. O método foi desenvolvido na Motorola durante os anos 80 pelo engenheiro Bill Smith, com o objetivo de competir com empresas que fabricavam produtos de melhor qualidade e a preços menores (SNEE, 2010). O sucesso do Seis Sigma levou a Motorola a ganhar o Prêmio *Malcolm Baldrige* de excelência em qualidade em 1988, incentivando outras empresas a adotarem a metodologia (TRAD; MAXIMIANO, 2009). O sucesso dessa abordagem foi amplamente reforçado na década seguinte pelos resultados na *General Electric* sob a liderança de Jack Welch, então CEO da empresa (BLACK; REVERE, 2006). Desde então, diversas organizações têm adotado o Seis Sigma com a finalidade de melhorar produtos, serviços e processos (EVANS; LINDSAY, 2014).

A letra grega sigma (σ) representa uma medida de variação conhecida como desvio-padrão (KALSVIK, 2016). Quanto menor o desvio-padrão, melhor é o processo, pois variações menores em relação à especificação contribuem para reduzir erros e falhas (TRAD; MAXIMIANO, 2009). O termo "Seis Sigma" refere-se à capacidade de um processo de gerar apenas 3,4 defeitos por milhão de oportunidades (DPMO), ou seja, um nível de qualidade onde 99,99966% dos produtos estão dentro da especificação (DOMINGUES; PACHECO, 2014). A representação da

curva na Figura 2, em que μ é a média da distribuição e σ é o desvio-padrão, converge para interpretação estatística dada pela Motorola em que o Seis Sigma é entendido como seis desvios-padrão, para mais e para menos, partindo da média e dentro dos limites de especificação, conforme citado por Domingues e Pacheco (2014). Matematicamente, essa condição é representada da seguinte forma (MARQUES, 2013):

$$\min \left[\left(\frac{LSE - \mu}{\sigma} \right), \left(\frac{\mu - LIE}{\sigma} \right) \right] \geq 6$$

Figura 2: Curva média da distribuição de seis desvios-padrão



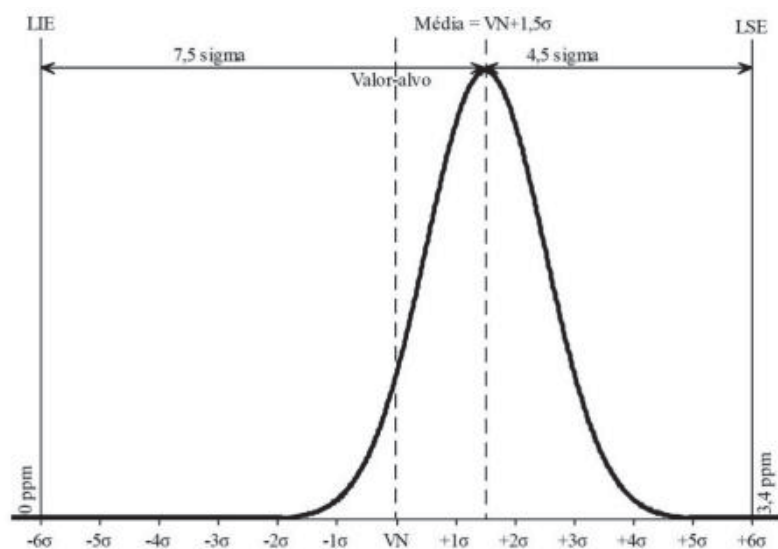
O valor nominal (VN) indica o ponto em que a média de um processo está centralizada. Os valores extremos no processo são determinados pelos Limites Inferior e Superior de Especificação (LIE e LSE), que podem ser definidos por gestores, clientes, projetistas ou responsáveis pelo processo. Já os Limites Inferior e Superior de Controle (LIC e LSC) refletem a variabilidade inerente do processo, geralmente situados a três desvios-padrão abaixo e acima do VN (MARQUES, 2013).

Na prática do Seis Sigma, a quantidade de defeitos é tão baixa que se argumenta que o processo seja praticamente livre de falhas. No entanto, empresas

que implementaram essa metodologia constataram que manter essa condição ao longo do tempo não é simples. Marques (2013) observa que um processo Seis Sigma pode variar até 1,5 desvios-padrão para a direita ou para a esquerda, de modo que a distribuição esteja pelo menos a $4,5\sigma$ do limite de especificação mais próximo, conforme Figura 3.

O Seis Sigma não é exclusivo da manufatura, sendo aplicado com sucesso em operações de serviços, como instituições financeiras e serviços logísticos e de saúde (GEORGE, 2003; NARULA; GROVER, 2015; TIAHJONO et al., 2010; YADAV; DESAI, 2016).

Figura 3: Curva média da distribuição de 4,5 desvios-padrão



A diferença entre um processo Seis Sigma teórico e real implica em uma diferença na quantidade de Defeitos por Milhão de Oportunidades (DPMO) em cada nível Sigma, como pode ser vista pela comparação na Tabela 2.

Tabela 1: Diferença na quantidade de Defeitos por Milhão de Oportunidades Seis Sigma teórico e real

Escala Sigma	DPMO (curto prazo) Processo centralizado na média	% de sucesso para o curto prazo	DPMO (longo prazo) Processo deslocado em $1,5\sigma$	% de sucesso para o longo prazo

1	317.400	68,3%	691.462	30,9%
2	45.600	95,4%	308.538	69,1%
3	2.700	99,7%	66.807	93,3%
4	63	99,994%	6.210	99,38%
5	0,57	99,999939%	233	99,977%
6	0,002	99,9999998%	3,4	99,99966%

Para que a seleção do projeto Seis Sigma seja realizada de maneira eficaz, Carvalho (2002) sugere que a decisão deve considerar os aspectos críticos para a qualidade, conhecidos como CTQ (*Critical To Quality*). A escolha desse parâmetro deve levar em conta o que é essencial para o mercado e os processos críticos, garantindo assim a alocação correta de recursos na metodologia. Nesse contexto, em uma revisão bibliográfica sobre o tema, Fernandes (2006) propõe as seguintes diretrizes para a seleção de projetos Seis Sigma: foco no cliente, alinhamento com a estratégia do negócio, retorno financeiro, problemas estruturais de causas desconhecidas, proporcionalidade com os recursos disponíveis, potencial de conclusão em curto prazo e problemas mensuráveis.

2.6. Metodologia DMAIC

A metodologia DMAIC é a base do Seis Sigma e representa os passos para obter resultados utilizando ferramentas quantitativas e qualitativas. DMAIC significa *Define* (Definir), *Measure* (Medir), *Analyse* (Analisar), *Improve* (Melhorar) e *Control* (Controlar) (DOMINGUES; PACHECO, 2014). Para projetos e desenvolvimento de novos produtos ou processos, a metodologia DMADV (*Design – Desenho e Verify – Verificação*) é utilizada (FERNANDES, 2006).

Para o sucesso do DMAIC, a medição e análise dos dados são essenciais em cada etapa, e a metodologia deve ser seguida meticulosamente, sem apresentar soluções antes que o problema seja claramente definido (LINDERMAN et al., 2003). Nesse encadeamento de ações, o DMAIC possui uma grande quantidade de

ferramentas que podem ser usadas na busca pelos resultados desejados (Figura 4). Por outro lado, nem todas são necessárias na condução do projeto, de modo que elas devem ser utilizadas de forma ponderada a cada tipo de situação (HAHN, 2003).

Além disso, o teste de normalidade é frequentemente usado nas etapas de medição e análise do DMAIC, avaliando se a distribuição de frequências dos dados se aproxima de uma distribuição normal (TORMAN; COSTER; RIBOLDI, 2012). Alguns métodos de inferência estatística usados nos projetos de Seis Sigma tais como o modelo de regressão linear, a estimação de correlação linear, os testes de hipóteses (para amostras únicas, para duas populações independentes e para os pareados) e análise de variância, exigem que a distribuição de frequências dos dados analisados tenha o comportamento de uma distribuição normal. Assim, o teste da normalidade avalia se o comportamento da amostra ou população se aproxima de uma reta de referência ou se valor-p (p-valor ou *p-value*) dos testes é maior do que o nível de significância definido (TORMAN; COSTER; RIBOLDI, 2012).

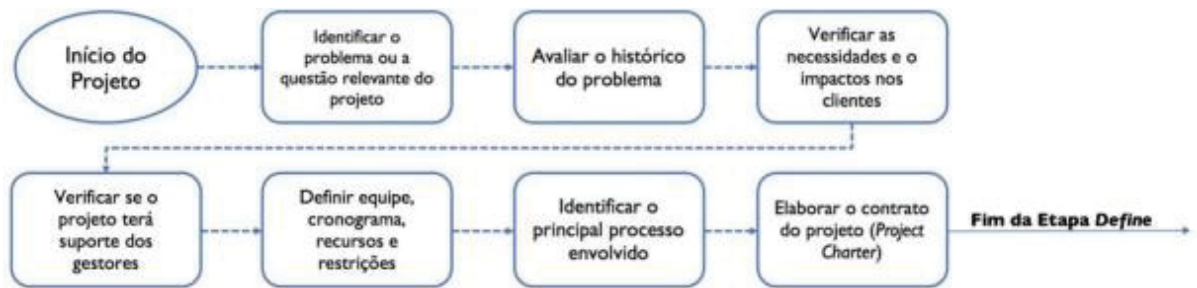
Figura 4: Ferramentas do Seis Sigma

Ferramentas	D	M	A	I	C
	Define	Measure	Analyse	Improve	Control
5W2H (Plano de Ação)				x	
Amostragem		x	x		x
Análise Multivariada		x			
Análise de Regressão			x		
Analysis of Variance (ANOVA)		x	x		
Brainstorm		x	x	x	
Boxplot	x		x		
Carta de Controle	x	x	x		x
Design of Experiments (DOE)			x		
Diagrama de Afinidades			x	x	
Diagrama de Árvore				x	
Diagrama de Causa e Efeito (Ishikawa)		x	x	x	
Diagrama de Dispersão (Correlação)			x		
Diagrama de Gantt				x	
Diagrama de Relações			x	x	
Diagrama/Gráfico de Pareto	x	x			x
Estratificação		x	x		
Evolutionary Operation (EVOP)				x	
Fault Tree Analysis (FTA)			x		
Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)			x	x	
Fluxograma			x		
Folha de Verificação		x			
Gráfico Sequencial (Séries Temporais)	x	x			
Histograma	x	x	x		x
Índices de Capacidade		x			x
Manuais					x
Mapa de Processo		x	x		
Mapa de Produto			x		
Matriz de Priorização				x	
Matriz Esforço x Impacto		x			
Measurement System Analysis (MSA)		x	x		x
Métricas do Seis Sigma		x	x		x
On the Job Training (OJT)					x
Out of Control Action Plan (OCAP)					x
Process Decision Program Chart (PDPC)				x	
Program Evaluation and Review Technique (PERT)/Critical Path Method (CPM)				x	
Plano para Coleta de Dados		x			x
Procedimentos Padrão					x
Project Charter	x				
Poka-Yoke				x	x
Stakeholder Analysis				x	
Simulação				x	
SIPOC	x				
Testes de Hipóteses			x	x	
Testes de Mercado				x	
Teste na Operação				x	
Voice Of Customer (VOC)	x				

2.6.1. Definir (*Define*)

Segundo Rodrigues (2006), a primeira fase do método DMAIC envolve a iniciação do projeto. Nesta etapa, são definidos os processos críticos, os objetivos do negócio, e as expectativas e necessidades dos clientes. A sequência de passos a serem seguidos nesta fase é ilustrada na Figura 5.

Figura 5 – Mapa de raciocínio da etapa Define



Fonte: Aguiar, 2012; Werkema, 2012 (Adaptado).

Dentre as ferramentas disponíveis, o SIPOC e o *Project Charter* se destacam como principais na definição do projeto. O SIPOC é um diagrama que ajuda a visualizar o encadeamento de todos os processos incluídos no escopo do projeto (ARRUDA; PIERRE, 2016). Este termo é um acrônimo das palavras em inglês *Suppliers* (Fornecedores), *Inputs* (Insumos), *Process* (Processo), *Outputs* (Produtos) e *Customers* (Clientes) (WERKEMA, 2012).

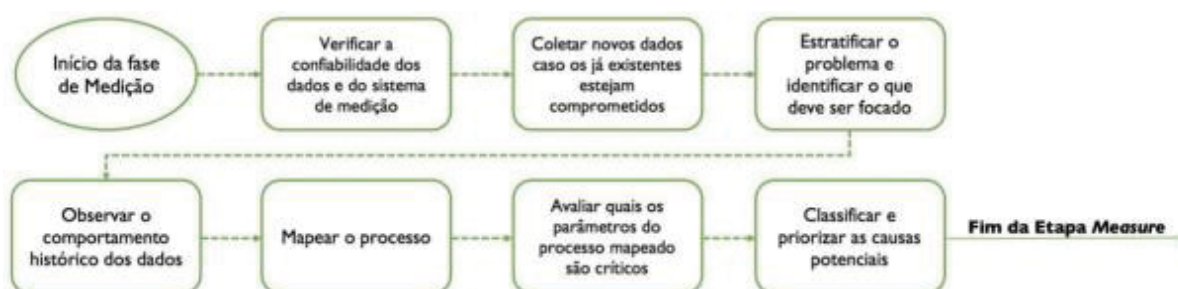
Por outro lado, o *Project Charter*, ou Carta do Projeto, conforme explicado por Arruda e Pierre (2016), é um documento que formaliza e documenta os objetivos e responsabilidades estabelecidos para o projeto. Entre os elementos presentes nesta ferramenta estão o título do projeto, a descrição e histórico do problema, a meta estabelecida, o escopo, a equipe do projeto e o cronograma das atividades.

No que tange à meta estabelecida, Campos (2012) indica que ela é composta por três elementos: um objetivo gerencial (descrição do que se deseja alcançar), um prazo e um valor. A definição do valor da meta pode levar em conta as necessidades dos clientes, os objetivos estratégicos da empresa ou a visão estratégica do gestor responsável pela definição da meta (CAMPOS, 2014).

2.6.2. Medir (*Measure*)

A próxima etapa do método DMAIC consiste na fase de planejamento do projeto. Durante essa fase, mede-se o desempenho do processo utilizando ferramentas específicas que ajudam a identificar os problemas e sua gravidade (RODRIGUES, 2006). Na Figura 6, são apresentadas as etapas da fase de medição.

Figura 6 – Mapa de raciocínio da etapa Measure.



Fonte: Aguiar, 2012; Werkema, 2012 (Adaptado).

A coleta de dados é fundamental na fase de medição do DMAIC. Se os dados não forem confiáveis e válidos, o projeto não alcançará os resultados desejados, pois as análises não refletirão a realidade (KALSVIK, 2016). A Figura 11 também sugere que o sistema de medição deve ser confiável, sendo necessário prepará-lo e testá-lo antes da coleta de dados (WERKEMA, 2012). Com uma base de dados confiável, o projeto pode seguir utilizando outras ferramentas de medição. O gráfico de sequência, ou de séries temporais, é uma dessas ferramentas, apresentando dados em ordem cronológica para observar tendências, ciclos ou outras características difíceis de identificar sem essa ferramenta (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

Outra ferramenta importante é o histograma, que organiza dados em distribuições de frequência para avaliar a tendência central e verificar se os dados seguem uma distribuição normal (MONTGOMERY; RUNGER, 2003). O gráfico *boxplot*, ou diagrama de caixa, permite observar a dispersão dos dados, desvios de simetria e identificar *outliers* (MINITAB, 2018a; MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

A análise de variância (ANOVA) é uma ferramenta estatística que estuda a variabilidade de um sistema de medição, testando a hipótese de que as médias de duas ou mais amostras são iguais (ARRUDA; PIERRE, 2016; MINITAB, 2018c). Para

a ANOVA de um fator, é necessário atender pressupostos como a homogeneidade das variâncias e a normalidade da distribuição dos dados. Caso contrário, pode-se utilizar o método não paramétrico *Kruskal-Wallis* (CORDEIRO; MELO; FERNANDES, 2018), que verifica a probabilidade de diferença entre medianas em um grupo de k populações (MAHONEY; MAGEL, 1996).

Além das ferramentas quantitativas, projetos Seis Sigma também utilizam ferramentas qualitativas, como mapas de processo, *brainstorming*, diagramas de causa e efeito, e matriz esforço-impacto. O mapa de processo detalha informações operacionais e administrativas para avaliar os parâmetros que interferem no desempenho do sistema, caracterizado por elementos de entrada, saída e processamento (RODRIGUES, 2004).

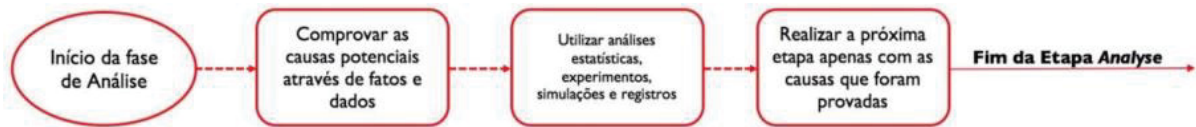
O *brainstorming* envolve uma reunião de pessoas com conhecimento sobre um assunto específico para descobrir soluções para um problema através do compartilhamento livre de ideias, sem críticas, estimulando a criatividade (REIS et al., 2016). A matriz esforço x impacto, derivada do *brainstorming*, pontua as ideias geradas de acordo com seu impacto no projeto e o esforço necessário para implementá-las (RISSI, 2007).

Finalmente, o diagrama de causa e efeito, também conhecido como diagrama de peixe ou de Ishikawa, identifica a causa raiz de um problema. O efeito (problema) aparece no final de uma flecha horizontal, enquanto as "espinhas" representam causas potenciais, frequentemente categorizadas em método, meio ambiente, medida, mão-de-obra, máquina e matéria-prima (RUNHA, 2005).

2.6.3. Analisar (*Analyse*)

Na etapa *Analyse*, que é a fase de execução do projeto destacada na Figura 7, Rodrigues (2006) explica que o desempenho do processo é analisado juntamente com as causas das dificuldades encontradas.

Figura 7 – Mapa de raciocínio da etapa *Analyse*



Fonte: Aguiar, 2012; Werkema, 2012 (Adaptado).

No processo de amostragem, a escolha do tamanho da amostra em uma aproximação normal para uma proporção binomial é determinada pela fórmula a seguir (MONTGOMERY; RUNGER, 2003):

$$n = \bar{p}(1 - \bar{p}) \left(\frac{Z_{\alpha}}{E} \right)^2$$

Onde n é o tamanho da amostra, E é o erro, \bar{p} é a proporção da população, α é o nível de significância dado por $100(1 - \text{nível de confiança})\%$ e Z é uma variável de uma distribuição normal padronizada.

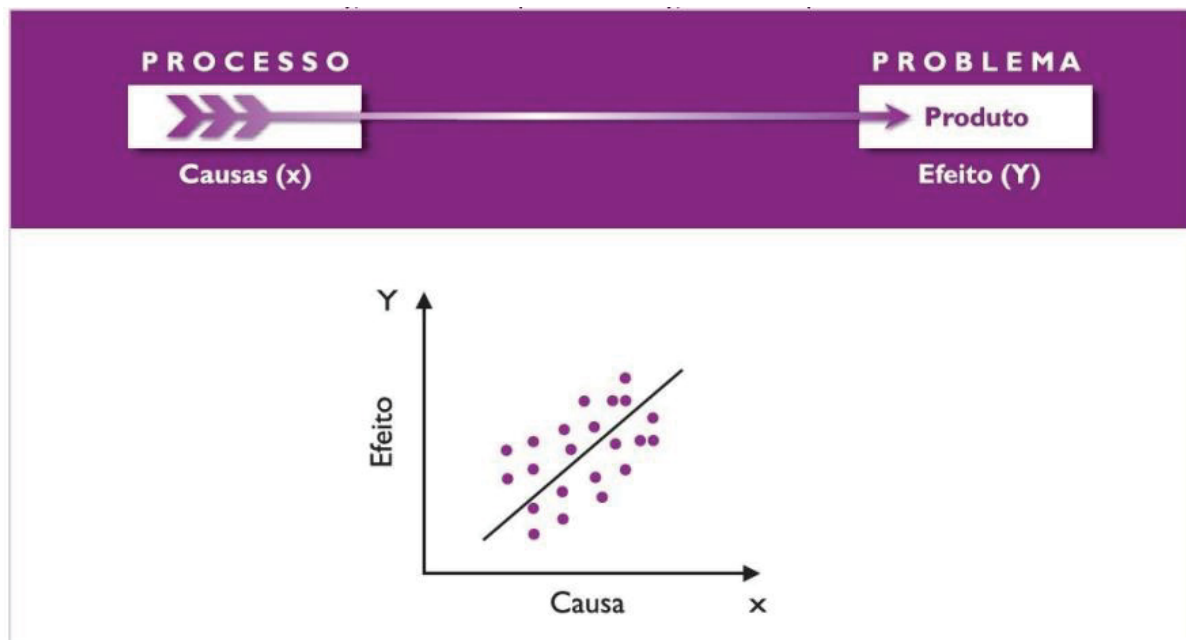
Uma ferramenta comumente usada na fase de análise do DMAIC é o teste de hipóteses. Segundo Arruda e Pierre (2016), o objetivo é avaliar duas hipóteses divergentes sobre um parâmetro da população: a hipótese nula e a hipótese alternativa. Se o p -valor do teste for menor que o nível de significância, a hipótese nula (que está sendo testada) é rejeitada, indicando que a hipótese alternativa é verdadeira. Se o p -valor for maior, a hipótese nula não é rejeitada (MINITAB, 2018d).

De acordo com Rodrigues, Lima e Barbosa (2017), o teste t de *Student* ou t -pareado é um teste paramétrico que compara as médias de dois grupos independentes ou relacionados, assumindo uma distribuição simétrica e normalidade. Já o teste qui-quadrado é um teste não paramétrico usado para avaliar proporções e frequências (RODRIGUES; LIMA; BARBOSA, 2017), onde, no Minitab, as estatísticas qui-quadrado de Pearson e da razão de verossimilhança são calculadas para avaliar se há relação entre as variáveis (MINITAB, 2018b).

O gráfico ou diagrama de dispersão é uma ferramenta utilizada para estudar quais fatores (denominados “ x ”) causam variações no desempenho em relação ao

problema (denominado “Y”) e como essas variações ocorrem (WERKEMA, 2012). A Figura 8 apresenta um esboço simplificado dessa ferramenta.

Figura 8 – Exemplo de um diagrama de dispersão.



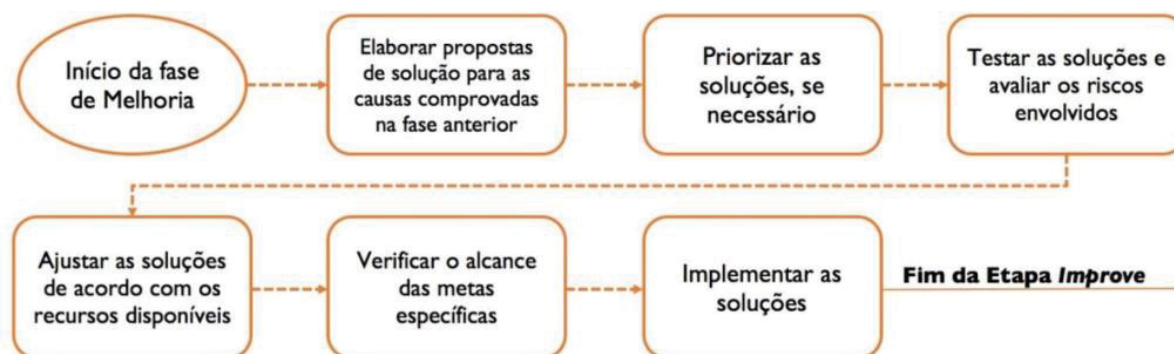
Fonte: Werkema, 2012.

2.6.4. Melhorar (*Improve*)

Na etapa de melhoria, próxima ao final do projeto, são propostos planos para eliminar os problemas, agregar valor ao cliente e reduzir custos (RODRIGUES, 2006), conforme ilustrado na Figura 9.

Os resultados obtidos durante a fase de análise fornecem a compreensão necessária para elaborar propostas de solução para as causas identificadas. Contudo, nem todas as soluções poderão ser aplicadas, sendo necessário priorizar quais devem ser implementadas. Esse objetivo pode ser alcançado através da matriz de priorização, que envolve a equipe do projeto novamente (WERKEMA, 2012).

Figura 9 – Mapa de raciocínio da etapa Improve



Fonte: Aguiar, 2012; Werkema, 2012 (Adaptado).

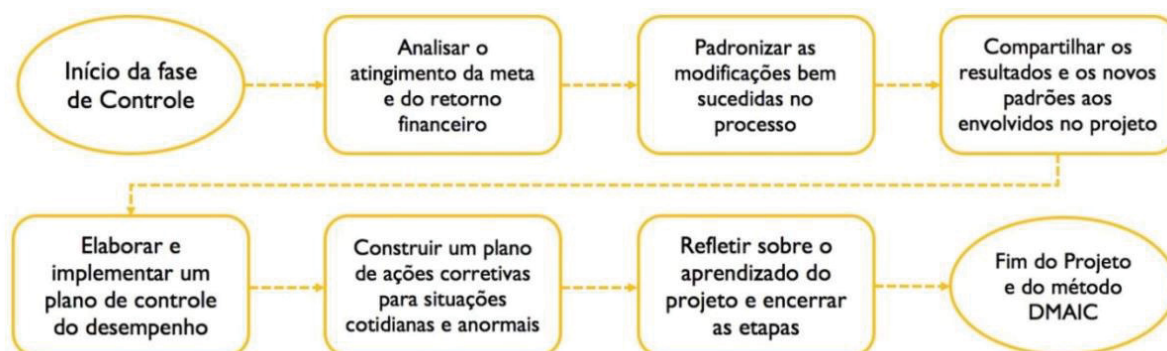
Com as soluções priorizadas e definidas, é necessário elaborar um plano de ação para executar as ideias. A ferramenta usada para esse propósito é o 5W2H. Essa estrutura responde a sete perguntas que guiarão a implementação das ações propostas (REIS et al., 2016):

- *What* (o que?): Que ação será executada?
- *Who* (quem?): Quem será o responsável pela execução da ação?
- *Where* (onde?): Onde a ação será executada?
- *When* (quando?): Quando ela será feita?
- *Why* (por quê?): Por que a ação deve ser realizada?
- *How* (como?): Como ela vai ser feita?
- *How much* (quanto custa?): Quanto custa a execução da ação?

2.6.5. Controlar (*Control*)

Para monitorar o desempenho do processo após a realização de todas as fases, utilizam-se cartas ou gráficos de controle. Esses gráficos permitem visualizar a variabilidade dos dados de uma amostra e verificar se o processo está se comportando conforme o esperado ou se está fora de controle. Quando se identifica um aspecto irregular no gráfico, os responsáveis podem tomar as ações necessárias para resolver o problema causador do efeito inesperado (MONTGOMERY; RUNGER, 2003). A Figura 10 mostra como a sequência de passos é feita até o fim do projeto.

Figura 10 – Mapa de raciocínio da etapa Control



Fonte: Aguiar, 2012; Werkema, 2012 (Adaptado).

Para monitorar o desempenho do processo após a conclusão de todas as fases, utilizam-se cartas ou gráficos de controle. Essas ferramentas permitem visualizar a variabilidade dos dados de uma amostra, verificando se o processo está se comportando conforme o esperado ou se está fora de controle. Se for identificado algum aspecto irregular no gráfico, os responsáveis podem tomar as ações necessárias para corrigir o problema que está causando o efeito inesperado (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

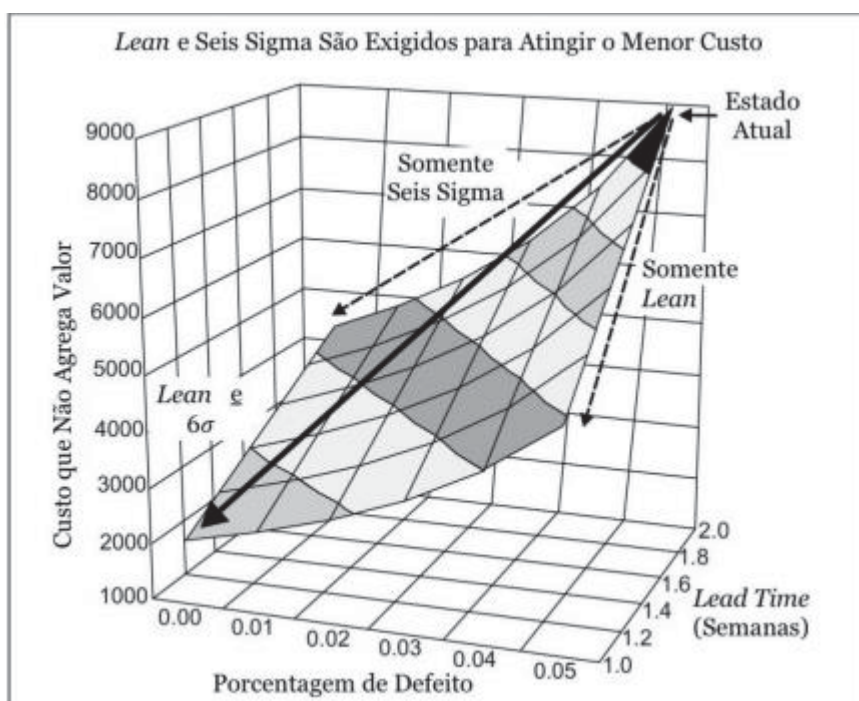
2.7. *Lean* Seis Sigma

O *Lean* Seis Sigma é uma estratégia gerencial abrangente que resulta da integração da filosofia do pensamento enxuto com os princípios do Seis Sigma. Seu objetivo é aumentar o desempenho e a lucratividade das organizações, além de resolver problemas relacionados à melhoria de processos e produtos, buscando aumentar a satisfação das necessidades das pessoas (WERKEMA, 2012).

A importância da combinação dos dois métodos está no fato de que o *Lean* não possui controle estatístico dos processos, enquanto o Seis Sigma não melhora a velocidade do processo nem reduz o capital de investimento (GEORGE, 2003). Assim, a integração de ambos na gestão de processos permite a união de ferramentas estatísticas, análise de solução de problemas, aumento na velocidade dos processos e redução do tempo de espera (WERKEMA, 2011). Dessa forma, a combinação das duas estratégias amplifica suas forças e minimiza suas fraquezas, quando comparada ao uso isolado dos métodos (KALSVIK, 2016; BARRETO, 2010).

George (2003) enfatiza que o *Lean* Seis Sigma é uma metodologia para melhoria de negócios que maximiza o valor para o acionista ao alcançar resultados melhores em fatores como satisfação do cliente, custos, qualidade, velocidade dos processos e capital investido. O autor ainda observa que entre 30 a 50% dos custos em uma organização de serviços são causados pela baixa velocidade e problemas de qualidade no atendimento às necessidades do consumidor. Por isso, a implementação das duas ferramentas pode ajudar a reduzir esse indicador, como demonstrado na Figura 11.

Figura 11 – Integração do Lean e do Seis Sigma



Fonte: George, 2003.

O ponto mais alto do gráfico na Figura 11 representa o estado atual de uma organização sem a aplicação das duas metodologias. O uso apenas do Seis Sigma contribui para a redução de defeitos, mas não reduz significativamente o lead time. Por outro lado, o uso apenas do *Lean* reduz consideravelmente o tempo de resposta entre o pedido do consumidor e a entrega do serviço, mas os defeitos ainda permanecem. Com o *Lean* Seis Sigma, a organização consegue alcançar o menor custo com atividades que não agregam valor, além de minimizar a porcentagem de defeitos e o lead time.

2.7.1. Aplicação do Lean Seis Sigma na produção de queijos análogos

Os queijos análogos são produtos alimentícios desenvolvidos como alternativas econômicas aos queijos tradicionais, utilizando ingredientes substitutos, como óleos vegetais e proteínas não lácteas, para replicar a textura e o sabor dos queijos convencionais. Este segmento tem se expandido devido à crescente demanda por produtos lácteos acessíveis e versáteis, especialmente em mercados emergentes e entre consumidores que buscam opções mais econômicas (Silva et al., 2020).

O processo de produção de queijos análogos não se limita apenas à formulação dos ingredientes, mas também envolve técnicas precisas de processamento para assegurar a homogeneidade e a qualidade do produto final. Segundo Jumah et al. (2021), a produção envolve etapas como a emulsificação, onde os ingredientes são misturados e processados para formar uma massa uniforme. A pasteurização é outro passo crucial, que não só garante a segurança microbiológica do produto, mas também influencia suas características sensoriais. O controle rigoroso dessas etapas é fundamental para manter a qualidade e a segurança dos queijos análogos.

A produção de queijos análogos também enfrenta desafios específicos, como a necessidade de atender às expectativas dos consumidores em termos de sabor e textura, além de cumprir com os regulamentos de segurança alimentar.

O controle de peso é um aspecto crucial na indústria alimentícia, onde a conformidade com os padrões de peso estabelecidos é uma exigência legal e comercial. Segundo Gomes (2020), variações no peso dos produtos podem resultar em desperdícios significativos de matéria-prima e prejudicar a percepção de qualidade pelo consumidor, afetando diretamente a competitividade da empresa. Além dos desafios operacionais, o controle preciso do peso também tem implicações econômicas significativas. Variações de peso que resultam em desperdício de matéria-prima podem impactar negativamente a rentabilidade das operações. Além das implicações diretas nos custos de produção, o desperdício de matéria-prima também tem consequências indiretas, como a necessidade de processos adicionais para gerenciamento de resíduos e o impacto ambiental associado.

3. METODOLOGIA

A metodologia é uma parte crucial de qualquer projeto de pesquisa ou melhoria, pois define o caminho sistemático e estruturado a ser seguido para alcançar os objetivos estabelecidos. O método proposto nesta dissertação é o *Lean Seis Sigma*, para criar uma cultura de Melhoria Contínua, ou seja, aumentar a qualidade dos processos e melhorar os resultados da organização.

3.1. DESCRIÇÃO DO AMBIENTE DE PESQUISA

O trabalho foi desenvolvido na empresa Alibra Ingredientes S.A., uma empresa de grande porte do setor de laticínios, localizada no interior em Marechal Cândido Rondon, no estado do Paraná. Eles produzem ingredientes por meio de matérias-primas provenientes, principalmente, da cadeia láctea. Sua especialidade é transformar componentes do leite, e outras matérias-primas de origem natural, em ingredientes de alto valor e soluções inovadoras para a indústria alimentícia.

Dentre o portfólio de produtos da Alibra Ingredientes, têm-se os queijos análogos, que é um dos produtos carro chefe da empresa, já que são os pioneiros na produção deste produto no Brasil.

Um dos desafios encontrados na empresa é a variabilidade no peso dos queijos análogos representa um desafio significativo, tanto do ponto de vista econômico quanto de qualidade. Para enfrentar este desafio, é essencial adotar uma metodologia que permita uma análise detalhada das causas do problema e a implementação de soluções eficazes e duradouras. A abordagem escolhida deve possibilitar a coleta de dados precisos, a análise crítica dos processos e a aplicação de técnicas de melhoria contínua, garantindo que as ações corretivas sejam baseadas em evidências concretas.

Neste contexto, a metodologia proposta é o DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). O DMAIC é uma ferramenta estruturada e sistemática, amplamente utilizada em projetos de melhoria contínua, especialmente no contexto da manufatura e gestão da qualidade. Esta metodologia oferece um *framework* claro para identificar problemas, medir o desempenho atual, analisar as causas raiz, implementar melhorias e controlar os processos para garantir a sustentabilidade das mudanças.

Cada etapa do DMAIC é projetada para ser iterativa e baseada em dados, o que permite ajustes contínuos e refinamentos ao longo do projeto.

Ao utilizar o DMAIC, a Alibra Ingredientes S.A. poderá abordar de maneira eficiente e eficaz a variabilidade no peso dos queijos análogos. A aplicação rigorosa dessa metodologia não apenas ajudará a reduzir o desperdício de matéria-prima e os custos associados, mas também melhora a qualidade do produto final, alinhando-se às expectativas dos consumidores e às exigências regulatórias. A seguir, cada uma das etapas do DMAIC será detalhada, explicando como serão aplicadas para resolver o problema identificado e alcançar os objetivos do projeto.

3.2. DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO

O processo produtivo de queijo análogo começa com o recebimento das matérias-primas necessárias, que são criteriosamente selecionadas e recebidas na fábrica. Em seguida, as matérias-primas passam por um rigoroso controle de qualidade para garantir que todos os ingredientes estejam dentro dos padrões estabelecidos para a produção do queijo análogo. Após a aprovação pelo controle de qualidade, as quantidades das matérias-primas são registradas no sistema de estoque da fábrica, assegurando um controle eficiente e preciso dos ingredientes disponíveis.

Com base nas quantidades de matérias-primas disponíveis e na demanda de produção, o Planejamento e Controle da Produção (PCP) gera a ordem de produção, organizando e priorizando as atividades a serem realizadas. As matérias-primas são então separadas conforme a ordem de produção gerada pelo PCP, garantindo que os ingredientes corretos sejam utilizados no processo produtivo.

Na etapa de produção, os ingredientes são adicionados na *Cheese Cooker*, um equipamento específico para a mistura e cozimento dos componentes do queijo análogo. Após a adição dos ingredientes, o preparo da batelada é finalizado, garantindo uma mistura homogênea e adequada para a próxima etapa. A batelada preparada é então transferida para a embutidora, onde será moldada e preparada para o envase. O produto é envasado em peças cilíndricas de 2 kg, conferindo o formato e peso padrão para o queijo análogo.

Para assegurar a padronização do produto, é realizada uma conferência manual do peso a cada 10 peças produzidas, garantindo que todas as unidades estejam dentro

das especificações de peso estabelecidas. Após a conferência de peso, as peças são submetidas a um banho de água gelada para realizar um choque térmico, essencial para estabilizar a textura e a estrutura do queijo análogo. As peças de queijo análogo são então encaixotadas, preparando-as para a etapa de armazenamento.

Os produtos encaixotados são armazenados na câmara fria, onde permanecerão por um período determinado para maturação. Durante o armazenamento na câmara fria, o queijo análogo passa pelo processo de maturação, crucial para desenvolver a textura e o sabor desejados no produto final. Após a maturação, o queijo análogo está pronto para a expedição. As caixas são preparadas e enviadas aos clientes, concluindo o ciclo de produção. Finalmente, o queijo análogo chega ao cliente, pronto para consumo, atendendo aos rigorosos padrões de qualidade e segurança alimentar estabelecidos pela fábrica.

O fluxograma de processamento do queijo análogo pode ser visualizado na Figura 12.

Figura 12. Fluxograma das principais etapas do trabalho.



FONTE: Os autores (2024)

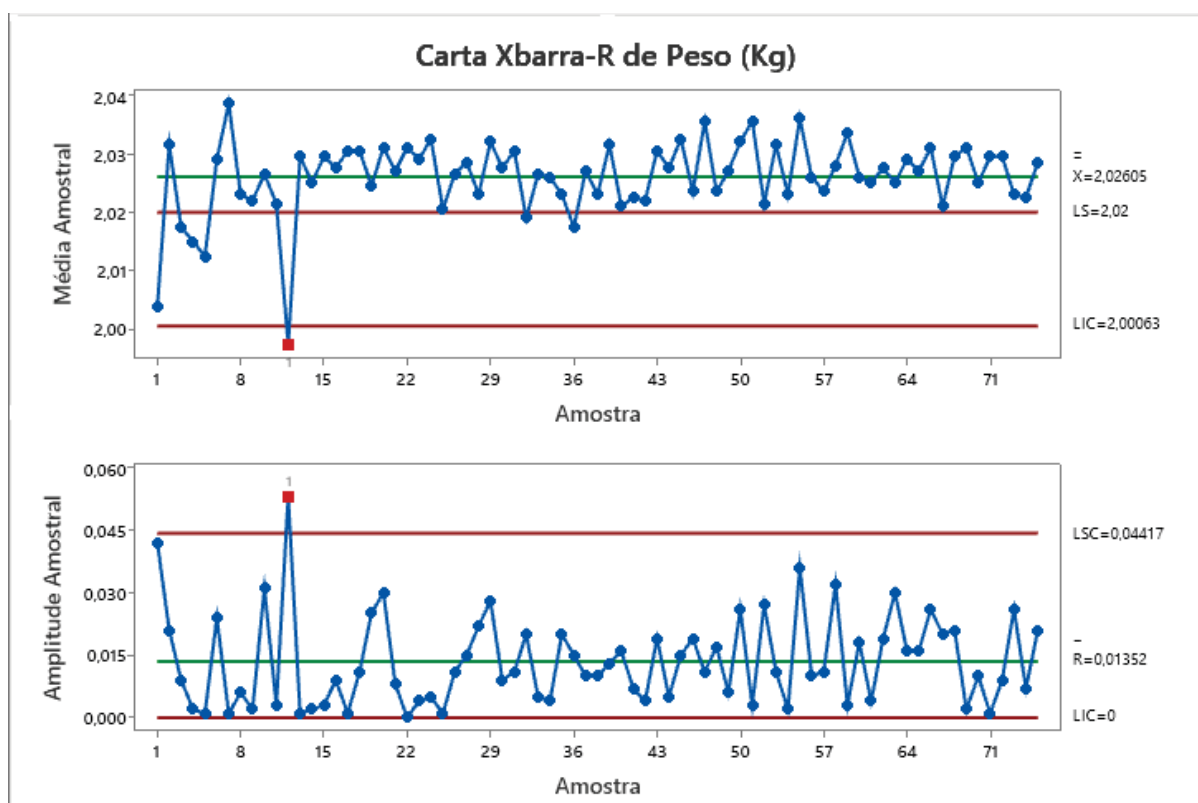
3.3. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

Na produção de queijos análogos, a variabilidade do peso da peça refere-se às diferenças no peso de peças individuais dentro de um lote de produção. É essencial minimizar essa variação para garantir consistência na qualidade do produto e precisão no envase.

Diversos fatores podem contribuir para a variabilidade no peso da peça, tais como: calibração incorreta no equipamento, procedimentos inadequados durante o envase podem causar essa variação. Para minimizar a variabilidade no processo de envase de queijo análogo, estuda-se o comportamento dessa variação ao longo do envase de diversas bateladas. Se a variabilidade tende para o sobrepeso das peças de queijo análogo, isto significa que as peças pesam mais do que deveriam ter. Isto é uma grande preocupação para os fabricantes, potencializando os seguintes problemas: qualidade de produção inconsistente, perda de rendimento. Para minimizar este sobrepeso, podemos implementar as seguintes medidas: processo de otimização, controle de qualidade e inspeção, calibração do equipamento, treinamento do operador, utilização do controle estatístico de processo para monitorar e identificar padrões de tendência para a variabilidade. Ao implementar estas medidas, a redução do sobrepeso e da variação das peças podem reduzir e melhorar a inconsistência de qualidade no processo de fabricação.

Desta forma, coletaram-se 700 amostras produzidas em 5 dias diferentes para avaliar estatisticamente o comportamento do indicador de sobrepeso das peças no processo. O valor indicado na balança representa o peso real do produto, uma vez que o peso da embalagem já está desconsiderado, na tara da balança. Como indicativo da variação evidenciada nas amostras, utilizou-se a Carta de Controle como ferramenta de análise, sendo este apresentado na Figura 13.

Figura 13: Cartas de controles das amostras



Durante a análise, foi observado que a média amostral do peso das peças foi de 2,026 kg, enquanto o peso nominal esperado é de 2,000 kg. Essa diferença de 26 gramas por peça indica o desperdício médio de produto. Desta forma, é evidente que ocorre desperdício em cada unidade produzida.

3.4 APLICAÇÃO DO DMAIC

Portanto, foi aplicado o ciclo DMAIC na etapa de envase dos queijos análogos. Esta metodologia permitiu uma análise apurada das causas dos sobrepesos, provendo ações de melhoria e de prevenção a serem tomadas e controladas. Para melhor compreensão do projeto, serão apresentadas, a seguir, todas as etapas que foram realizadas em cada uma das fases do ciclo DMAIC.

3.4.1. FASE DEFINIR (*DEFINE*)

Nesta etapa foi seguido o passo a passo da metodologia descrita no Quadro 2. Com isso, foi definido claramente a proposta e o planejamento do projeto de

melhoria executado, através da elaboração da carta de projeto. Este documento contempla um resumo das informações que viabilizem a execução do projeto, contendo as seguintes informações:

- Título do projeto, data de início e responsável pelo projeto;
- Descrição do problema;
- Objetivo do projeto;
- Métricas e variáveis de processo;
- Equipe de projeto;

Este documento visa o completo entendimento do problema a ser resolvido, em termos que possam ser compreendidos por todos os membros da equipe de melhoria. Esta equipe de melhoria foi formada para fins de aplicação do método DMAIC, sendo uma equipe multifuncional, com um colaborador da empresa que é supervisor de produção e outros alunos do curso da pós-graduação.

Quadro 2: Define: Questões e Atividades / Dados

DEFINE	
QUESTÕES	ATIVIDADES/DADOS
Qual é o problema?	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever o problema clara e objetiva. Caso necessário, utilizar anexo para detalhar/ilustrar o problema.
Qual métrica será utilizada para medir o resultado do projeto?	<ul style="list-style-type: none"> • Definir o indicador que será utilizado durante todo o projeto, desde a avaliação do histórico do problema até o alcance da meta.
Existem dados confiáveis relativos ao problema? Por que os dados foram considerados confiáveis?	<ul style="list-style-type: none"> • Comprovar a confiabilidade dos dados.
Como o problema vem se comportando historicamente?	<ul style="list-style-type: none"> • Demonstrar/comentar a evolução do indicador ao longo do tempo.
Qual é a meta geral?	<ul style="list-style-type: none"> • A meta deve conter objetivo, valor e prazo. Conforme o caso, deve conter também referência.
Quais ganhos serão alcançados com a solução do problema?	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever os ganhos potenciais do projeto, anexando demonstrativo do cálculo do ganho anual e a validação da Controladoria da empresa. • Descrever também os ganhos intangíveis do projeto (<i>soft savings</i>).
O projeto deve ser desenvolvido?	<ul style="list-style-type: none"> • Justificar com base no histórico do problema, ganhos associados à meta, alinhamento do projeto às estratégias da empresa, patrocínio da alta administração, etc.
Qual equipe desenvolverá o projeto?	<ul style="list-style-type: none"> • Relacionar os membros da equipe e suas funções.
Qual é o cronograma do projeto?	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever as datas previstas para a conclusão de cada etapa do DMAIC.
Qual é o principal processo envolvido no problema?	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever o principal processo envolvido no problema.
O projeto está alinhado com o <i>Champion</i> /diretoria da empresa?	<ul style="list-style-type: none"> • Informar se o <i>Project Charter</i> foi validado pelo <i>Champion</i>.

3.4.2. FASE MEDIR (MEASURE)

Nesta fase, foram seguidos os passos da metodologia descrita no Quadro 3. Para isso, foram utilizados os dados coletados pelo setor de controle de produção. Realizou-se um estudo estatístico desses dados, utilizando o peso dos queijos após o envase.

A estratificação é uma técnica que envolve dividir os dados em subgrupos mais homogêneos, com o objetivo de identificar padrões ou diferenças entre esses grupos. No problema de sobrepeso das peças de queijo análogo, a estratificação pode ser uma maneira eficaz de entender as causas subjacentes da variação.

Quadro 3: *Measure*: Questões e Atividades / Dados

MEASURE	
QUESTÕES	ATIVIDADES/DADOS
Como o problema pode ser estratificado? Isto é, quais são os fatores de estratificação?	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever de forma macro como o problema será estratificado e utilizar o anexo para apresentar a estratificação detalhada.
Há dados confiáveis para a estratificação do problema? Por que são considerados confiáveis?	<ul style="list-style-type: none"> • Comprovar a confiabilidade dos dados estratificados (MAS, auditoria,...).
Caso não existam dados históricos, como os novos dados serão coletados?	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentar a forma de coleta dos novos dados, e apresentar no anexo o detalhamento da coleta e os resultados.
Quais são os focos do problema (estratos mais significativos)?	<ul style="list-style-type: none"> • A partir dos dados gerados no anexo, detalhar (de forma resumida) quais são os principais focos do problema.
Como os focos se comportam ao longo do tempo? (análise de variação dos focos)	<ul style="list-style-type: none"> • Comentar a evolução de cada foco no decorrer do tempo.
Quais são as metas específicas para cada um dos focos?	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever as metas dos focos.
O alcance das metas específicas garante o alcance da meta geral?	<ul style="list-style-type: none"> • Comentar sobre a validação do atingimento da meta geral através do atingimento das metas específicas.

O problema foi estratificado em turnos de produção e velocidade de embutimento. Os diferentes turnos de produção podem apresentar variações no ambiente, nas condições operacionais, na equipe de trabalho, entre outros fatores. Avaliar por turno permite identificar e entender essas variações. Todos os turnos mostraram problemas de controle, mas com variações em diferentes pontos. Turnos específicos podem ter problemas únicos que precisam ser abordados separadamente.

Já uma velocidade de embutimento consistente pode ajudar a controlar a variabilidade no peso e tamanho das peças de queijo analógico produzidas. Ao avaliar os diferentes parâmetros de velocidade de embutimento, pode se dizer que a máquina tem capacidade de manter uma dosagem constante, com menor variação entre as peças, necessitando de um ajuste em tempo real para que possa otimizar o processo. Isso é importante para garantir que o produto final atenda aos padrões de qualidade e especificações do cliente.

3.4.3. FASE ANALISAR

Esta fase teve como principal objetivo ir ao encontro da origem do problema que causa as paradas e, dessa forma, foi estruturada do Quadro 4.

Quadro 4: *Analyze*: Questões e Atividades / Dados

ANALYZE	
QUESTÕES	ATIVIDADES/DADOS
Qual é processo gerador do problema?	<ul style="list-style-type: none">• Apresentar qual ferramenta foi utilizada para o detalhamento do processo e resumir o que será apresentado no anexo.
Quais as causas potenciais que mais influenciam no problema?	<ul style="list-style-type: none">• Informar como foram identificadas as causas para solução de cada foco e a quantidade de causas.
Será necessário revisar o mapa do processo?	<ul style="list-style-type: none">• Informar a necessidade de alteração do mapa e quais as conclusões tiradas a partir da alteração efetuada.
As causas potenciais foram priorizadas?	<ul style="list-style-type: none">• Detalhar como ocorreu a priorização das causas e qual o resultado da priorização.
As causas priorizadas foram comprovadas (quantificadas)?	<ul style="list-style-type: none">• Detalhar como a equipe procedeu para comprovar as causas e quantas serão utilizadas no projeto.
Quais são as causas fundamentais?	<ul style="list-style-type: none">• Informar a quantidade de causas fundamentais que serão abordadas no projeto. Pode ser detalhado por foco.

- Identificação das causas-raiz: foi realizado um Diagrama de Ishikawa para a parada selecionada na etapa anterior (Fase Medir), para encontrar as causas das variações. Para isso foi realizado um espaço de brainstorming com os operadores da embutidora e os mecânicos do setor de envase;

- Validação e Priorização das causas-raiz: após a organização das informações da etapa anterior, foi necessário validar e priorizar as causas sugeridas juntamente com a equipe de melhoria multidisciplinar, tendo por base a experiência pessoal e o histórico da empresa.

- Análise das causas-raiz prioritárias: após a priorização das causas, estas foram analisadas com o apoio da equipe de melhoria em forma de brainstorming, com objetivo de encontrar a causa primária do problema, de modo que se possa determinar o que aconteceu, porque aconteceu e reduzir a probabilidade de que isso aconteça novamente.

3.4.4. FASE MELHORAR

Na fase de melhoria, foram seguidas as etapas do Quadro 5. Realizaram-se sessões de brainstorming com membros da equipe envolvidos no processo de produção do queijo análogo. Durante essas sessões, foram levantadas diversas ideias e sugestões para resolver os problemas identificados. Foram identificadas 5 soluções.

Quadro 5: Improve: Questões e Atividades / Dados

IMPROVE	
QUESTÕES	ATIVIDADES/DADOS
Quais as possíveis soluções?	<ul style="list-style-type: none">• Detalhar como foram identificadas as possíveis soluções e a quantidade de soluções identificadas.
Será necessário priorizar as soluções?	<ul style="list-style-type: none">• Informar a necessidade de priorização de soluções e o motivo resumido de cada priorização.
As soluções apresentam algum risco?	<ul style="list-style-type: none">• Levantar e apresentar os riscos para implantação das soluções. Resumir o impacto das implantações, e se existe plano de contingência.
Será necessário testar as soluções? Como os testes serão realizados?	<ul style="list-style-type: none">• Informar necessidade de teste das implantações e detalhar o que será feito.
Quais foram os resultados dos testes?	<ul style="list-style-type: none">• Apresentar o resultado dos testes efetuados e se a solução será implementada em larga escala.
Qual é o plano de ação para a implementação da solução em larga escala?	<ul style="list-style-type: none">• Detalhar o plano de ação para todas as soluções. Apresentar o plano para as que foram testadas e para as que não foram, bem como ocorrerá a implantação em larga escala.
As ações foram implementadas conforme o planejado?	<ul style="list-style-type: none">• Apresentar a comprovação das implantações e os detalhes dos resultados.
As metas específicas foram alcançadas?	<ul style="list-style-type: none">• Apresentar o atingimento das metas específicas.

Contudo, as melhorias ainda não foram implementadas, pois o equipamento ainda não foi instalado. É essencial testar as implantações para validar a eficácia das soluções, garantir a compatibilidade dos equipamentos, e ajustar procedimentos operacionais. Testes pilotos serão realizados para cada solução, monitorando resultados e ajustes necessários antes da implementação em larga escala.

3.4.5. FASE CONTROLAR

Nesta etapa, são monitorados os resultados alcançados após a implementação das melhorias, além de estabelecer controles que garantam a sustentabilidade dos resultados, seguindo os passos do Quadro 6. Contudo, neste trabalho esta etapa ainda não foi realizada, pois o equipamento ainda não foi instalado.

Quadro 6: Control: Questões e Atividades / Dados

CONTROL	
QUESTÕES	ATIVIDADES/DADOS
A meta geral foi atingida?	<ul style="list-style-type: none">• Apresentar a comprovação de atingimento da meta geral.
Foi obtido o retorno financeiro?	<ul style="list-style-type: none">• Apresentar a comprovação do retorno financeiro. Para comprovação é necessário e-mail do responsável financeiro ou controladoria da empresa.
Foram criados ou alterados padrões para a manutenção dos resultados?	<ul style="list-style-type: none">• Descrever as alterações nos padrões da empresa e apresentar os resultados obtidos. Comprovar as alterações.
As pessoas envolvidas com o cumprimento dos novos padrões foram treinadas?	<ul style="list-style-type: none">• Descrever os treinamentos realizados.
Quais variáveis do processo serão monitoradas e como serão monitoradas?	<ul style="list-style-type: none">• Detalhar quais as variáveis que serão monitoradas para manter o resultado, bem como a maneira pela qual serão monitoradas.
Como será feito o acompanhamento do processo com base no sistema de monitoramento?	<ul style="list-style-type: none">• Detalhar o OCAP.
Qual foi o aprendizado e quais são as recomendações da equipe?	<ul style="list-style-type: none">• Apresentar o aprendizado adquirido com a execução do projeto, bem como eventuais recomendações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO MAPA DE RACIOCÍNIO

Após a aplicação da metodologia descrita, seguiu-se uma abordagem sistemática para identificar, analisar e resolver o problema do sobrepeso das peças de queijo análogo. Logo, neste tópico, constam todas as análises e resultados encontrados no projeto, seguindo todas as etapas da metodologia DMAIC.

4.1 RESULTADOS DA ETAPA DEFINIR

O objetivo principal desta etapa foi definir a proposta e o planejamento do projeto a ser executado. A partir desta etapa buscou-se o completo entendimento do problema a ser resolvido, em termos que possam ser compreendidos por todos os membros da equipe de melhoria.

4.1.1. Definição do problema

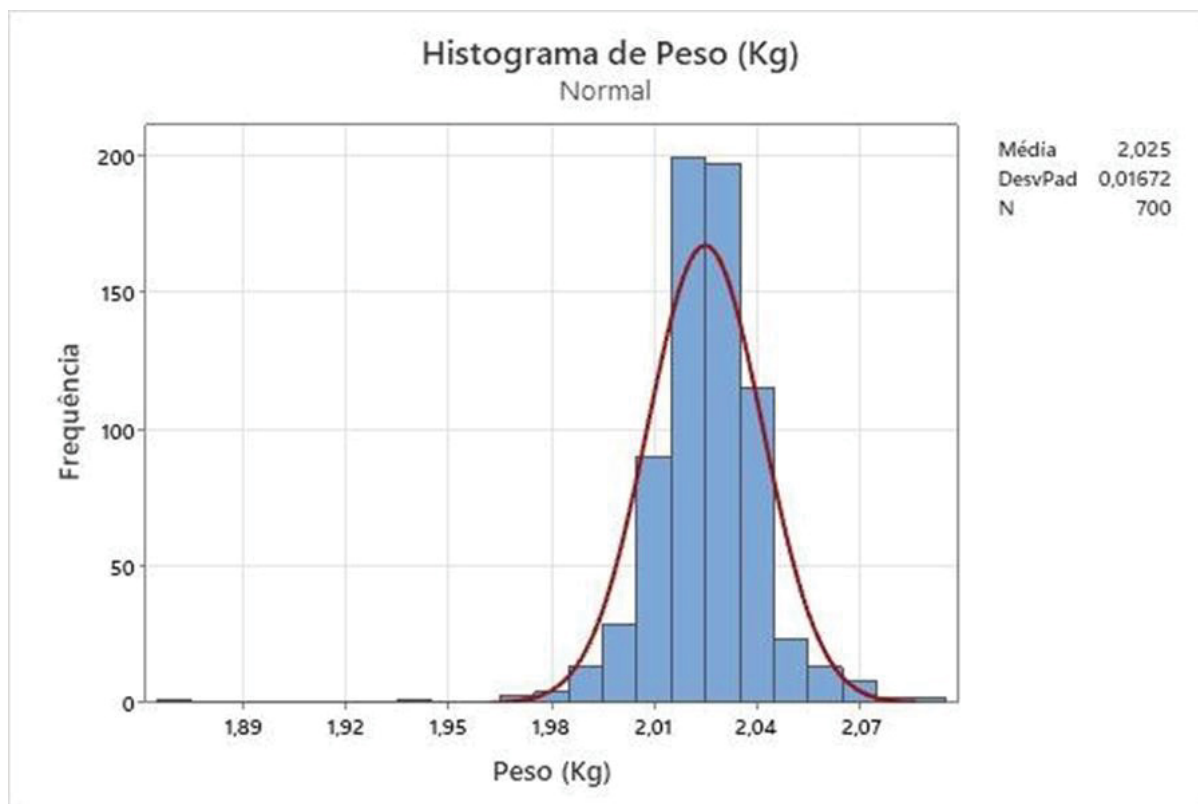
Na produção de queijos análogos, a variabilidade do peso das peças refere-se às diferenças no peso de peças individuais dentro de um lote de produção. Minimizar essa variação é essencial para garantir consistência na qualidade do produto e precisão no envase.

Diversos fatores podem contribuir para a variabilidade no peso das peças, como calibração incorreta do equipamento e procedimentos inadequados durante o envase. Para minimizar essa variabilidade, estudou-se o comportamento dessa variação ao longo do envase de diversas bateladas.

Se a variabilidade tende para o sobrepeso das peças de queijo análogo, isso significa que as peças pesam mais do que deveriam. Esse é um grande problema para os fabricantes, pois leva a qualidade de produção inconsistente e perda de rendimento. Foram coletadas 700 amostras produzidas em cinco dias diferentes para avaliar estatisticamente o comportamento do indicador de sobrepeso das peças no processo, com o intuito de validar a hipótese do problema de variação de peso. Essas amostras representam um primeiro passo importante, pois fornecem uma visão inicial da variabilidade do peso dos queijos produzidos e permitem uma análise preliminar da conformidade do processo de produção com os padrões desejados.

Analisando os dados coletados, o histograma é assimétrico à direita, comprovando uma variação nos pesos das peças e que esta variabilidade na carta de controle tende ao sobrepeso, resultando em desperdício de produção (Figura 14). A média dos pesos das amostras é de 2,026 kg, representando um excesso de 26 gramas de produto por peça destinada ao cliente.

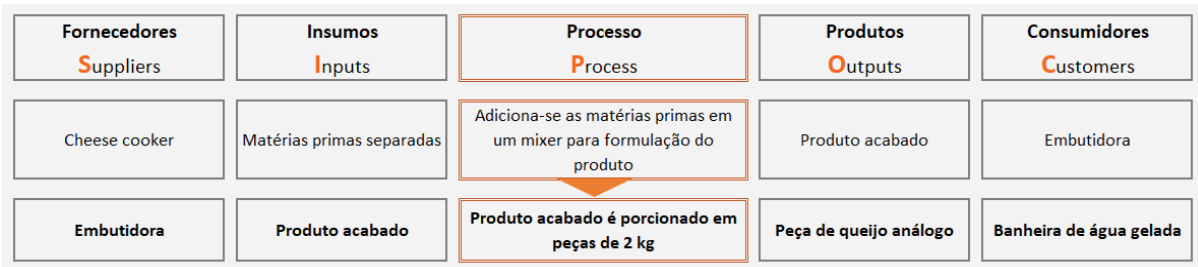
Figura 14 - Histograma dos dados dos pesos



Fonte: Os autores, 2024.

Para aprofundar a análise e identificar pontos críticos para intervenção, foi elaborado um SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers) para mapear o processo de envase dos queijos análogos, identificando os fornecedores, entradas, processos, saídas e clientes envolvidos (Figura 15). Essa ferramenta ajudou a equipe a entender melhor o processo e identificar as interações e fluxos de trabalho que contribuem para a variabilidade do peso das peças. Com essa análise detalhada, foi possível direcionar os esforços para as áreas que mais impactam a consistência e a qualidade do produto final.

Figura 15 - SIPOC do processo



Fonte: Os autores, 2024.

Finalmente, a elaboração do contrato do projeto foi essencial para garantir que todos os envolvidos tivessem uma visão clara e alinhada sobre o que precisava ser alcançado. Este contrato permitiu a definição das expectativas e responsabilidades de cada membro da equipe, promovendo uma colaboração eficaz e eficiente em todas as etapas do projeto.

Figura 16: Carta de Projeto

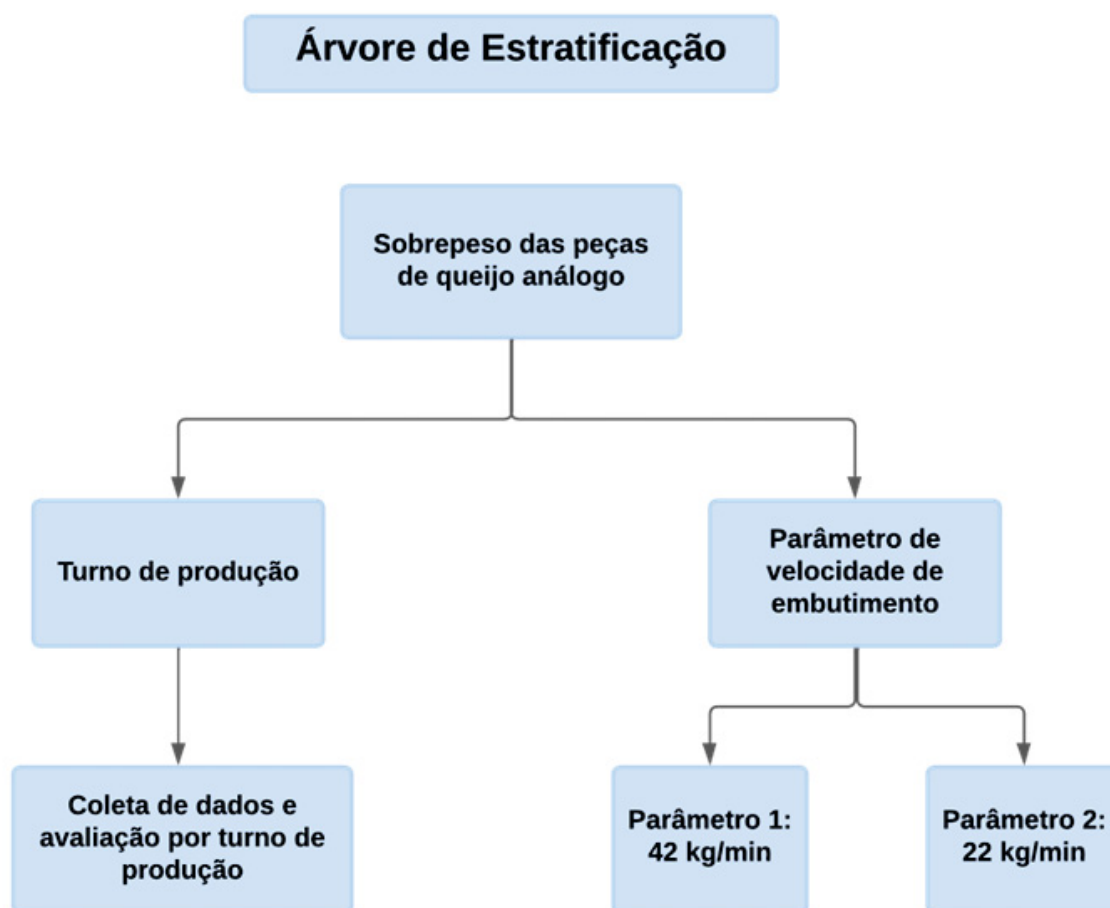
Projeto Lean Seis Sigma					
Project charter					
Champion Responsável:		Raquel Spessatto			
Empresa:		Alibra Ingredientes S.A.			
Título do Projeto:		Estudo De Viabilidade De Instalação De Um Checkweigher			
Descrição do Problema/Oportunidade:					
<p>Na produção de queijos análogos, a variabilidade do peso da peça refere-se às diferenças no peso de peças individuais dentro de um lote de produção. É essencial minimizar essa variação para garantir consistência na qualidade do produto e precisão no envase. Diversos fatores podem contribuir para a variabilidade no peso da peça, tais como: calibração incorreta no equipamento, procedimentos inadequados durante o envase podem causar essa variação. Para minimizar a variabilidade no processo de envase de queijo análogo, estuda-se o comportamento desta variação ao longo do envase de diversas bateladas. Se a variabilidade tende para o sobrepeso das peças de queijo análogo, isto significa que as peças pesam mais do que deveriam ter. Isto é uma grande preocupação para os fabricantes, potencializando aos seguintes problemas: qualidade de produção inconsistente, perda de rendimento. Para minimizar este sobrepeso, podemos implementar as seguintes medidas: processo de otimização, controle de qualidade e inspeção, calibração do equipamento, treinamento do operador, utilização do controle estatístico de processo para monitorar e identificar padrões de tendência para a variabilidade. Ao implementar estas medidas, a redução do sobrepeso e da variação das peças podem reduzir e melhorar a inconsistência de qualidade no processo de fabricação. Desta forma, coletaram-se 700 amostras produzidas em 5 dias diferentes para avaliar estatisticamente o comportamento do indicador de sobrepeso das peças no processo. Estas amostras são um primeiro passo importante para o estudo de viabilidade da instalação de um checkweigher na linha de queijos análogos, fornecendo uma visão inicial da variabilidade do peso dos queijos produzidos, permitindo uma análise preliminar da conformidade do processo de produção com os padrões desejados.</p>					
Definição da Meta					
A meta é garantir a conformidade com as especificações de peso estabelecidas do produto acabado, minimizando o desperdício de produto e					
Avaliação do Histórico do Problema					
Gráfico			Conclusão		
			<p>Nota-se que a variação do peso das peças é evidente e que tende a um sobrepeso, ou seja, envia-se produto a mais do que o vendido por peça. Isto é um desperdício significativo, uma vez que impacta diretamente nas perdas de produção. De forma, a reduzir o desperdício por sobrepeso, viabiliza-se a instalação de uma checkweigher, uma checadora de peso automática que realiza os ajustes na envasadora conforme o peso da peça anterior.</p>		
Restrições e Suposições					
Restrição a acesso a alguns dados; Resistência a mudança dos operadores; Adaptação da embudidora para comunicação com o checkweigher; Prazo de entrega do checkweigher; Prazo de aprovação do investimento e aquisição do equipamento perante ao cronograma estabelecido.					
Equipe de Trabalho					
Daiane Aline Strenske Juliana Carla Xavier de Lima Thiago Henrique Joris					
Cronograma Preliminar					
Define	31/07/24	Analyse	30/04/24	Control	30/06/24
Measure	31/08/24	Improve	30/04/24		

Fonte: Os autores, 2024.

4.2 RESULTADOS DA ETAPA MEASURE (MEDIR)

A primeira atividade desenvolvida nesta etapa foi montar a árvore de estratificação, exposta na Figura 17. A estratificação é uma técnica que envolve dividir os dados em subgrupos mais homogêneos, com o objetivo de identificar padrões ou diferenças entre esses grupos. No problema de sobrepeso das peças de queijo análogo, a estratificação pode ser uma maneira eficaz de entender as causas subjacentes da variação.

Figura 17: Árvore de estratificação do Sobrepeso de peças de queijo análogo



Fonte: Os autores, 2024.

Identificou-se que as possíveis causas da variação do peso dos queijos análogos devem-se à diferença de operação entre os turnos de trabalho e também a velocidade de operação da embutidora. Comparar o desempenho entre diferentes turnos pode

revelar padrões ou tendências. Por exemplo, pode-se descobrir que um turno específico apresenta consistentemente melhores ou piores resultados em relação ao peso das peças de queijo.

Uma velocidade de embutimento consistente pode ajudar a controlar a variabilidade no peso e tamanho das peças de queijo analógico produzidas. Isso é importante para garantir que o produto final atenda aos padrões de qualidade e especificações do cliente. A velocidade de embutimento também está relacionada à eficiência do processo de produção. Uma velocidade otimizada pode garantir uma produção mais rápida e consistente, reduzindo o tempo de ciclo e os custos operacionais.

Para realizar a estratificação, os dados foram separados por turno de produção e por velocidade de embutimento. Com relação ao turno, a análise ajudou a determinar se a variação é mais acentuada em um determinado turno, o que pode estar relacionado a fatores como níveis de pessoal, condições ambientais ou ajustes de máquinas. Com relação à velocidade, definiu-se avaliar a eficiência do processo em duas velocidades de embutimento (42 kg/min e 22 kg/min). Dessa forma, foi possível avaliar a eficiência da máquina além do fator humano exercido sobre ela.

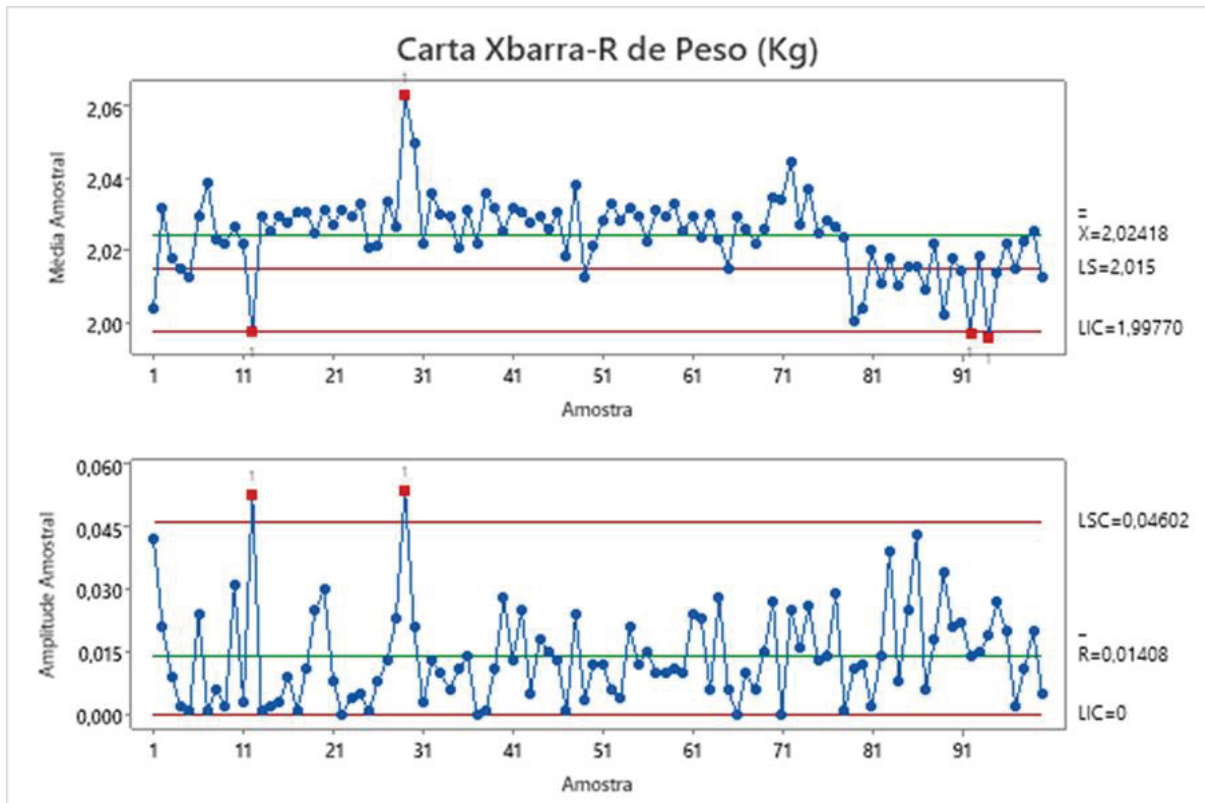
Análise por Turno de Produção

Identificaram-se diferentes turnos de produção que podem apresentar variações devido a condições ambientais, equipe de trabalho, ajustes de equipamentos, entre outros fatores. Portanto, estratificaram-se os dados por turno para identificar se existe alguma diferença significativa na produção de queijo em diferentes momentos do dia.

Turno A

A carta de controle referente ao Turno A mostra que a média das peças foi de 2,024 kg, ou seja, com um sobrepeso de 9g acima do Limite Superior estipulado. Nota-se que a maioria das amostras extrapola o limite superior, com duas amostras abaixo do limite inferior. Isto demonstra que o controle do processo de envase realizado no Turno A não é eficaz e que o peso da peça tende a superar o limite superior (Figura 18 - Carta de Controle Turno A).

Figura 18: Carta de controle referente ao Turno A.

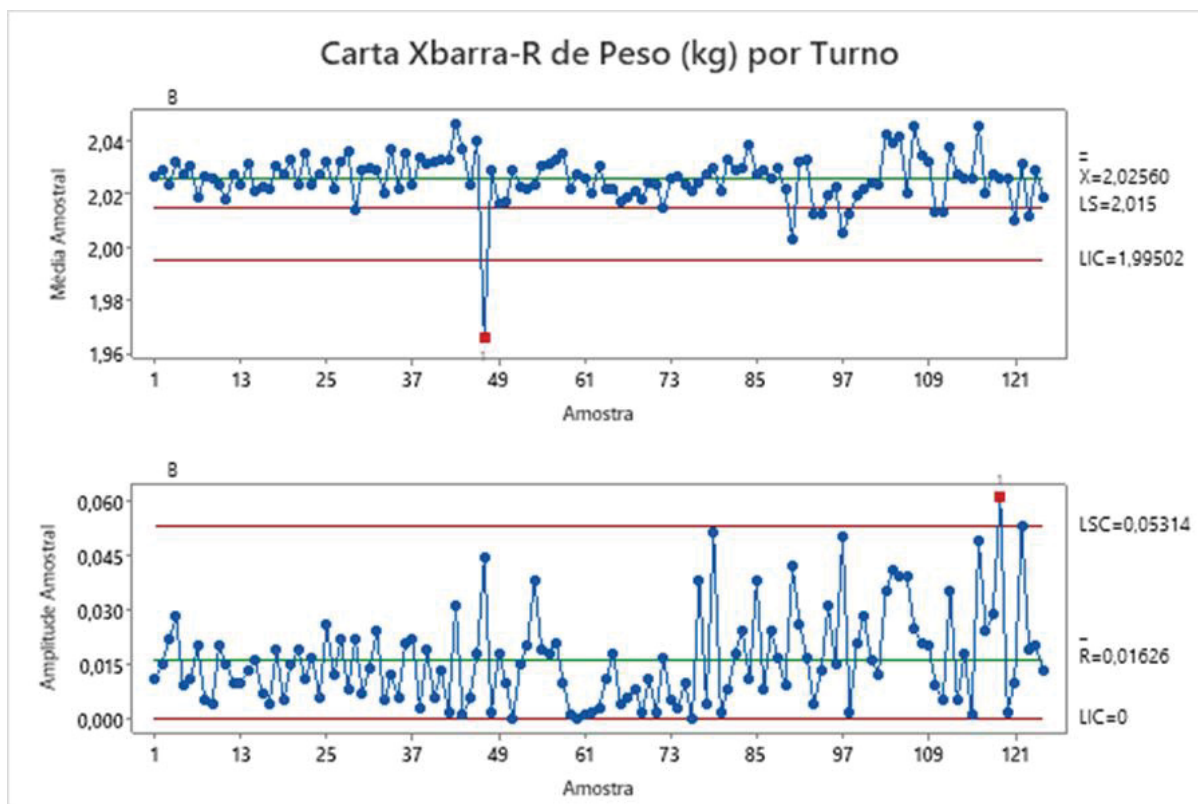


Fonte: Os autores, 2024.

Turno B

No Turno B, identificou-se um outlier abaixo do limite inferior, que pode ser desconsiderado na avaliação da carta de controle. Verificou-se que apenas 9 amostras estão dentro dos limites estabelecidos, indicando que o controle realizado pelos operadores não é eficaz e é menos eficaz que o Turno A. A média do peso de cada peça no Turno B foi de 2,025 kg, levemente maior que a média do Turno A. Porém, a variação dos pesos das peças no Turno B é menor que no Turno A, conforme indicado na carta de controle (Figura 19).

Figura 19: Carta de Controle Turno B

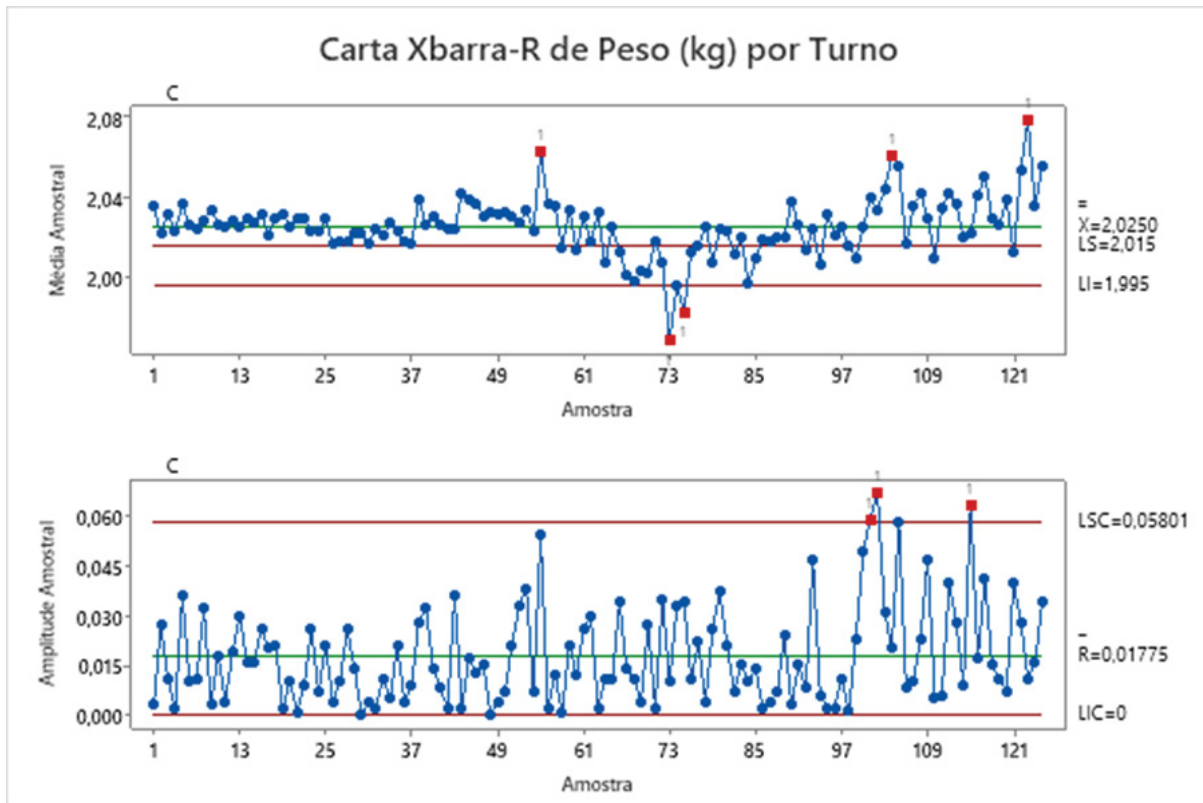


Fonte: Os autores, 2024.

Turno C

A carta de controle do Turno C possui dois outliers indicando dosagem a menos, correndo o risco de comprometimento na entrega com o cliente. Contudo, a carta de controle mostra que o peso das peças neste turno tende a ser maior que o limite superior estipulado, indicando novamente que o controle realizado pelos operadores no turno não é suficiente para evitar o desperdício (Figura 20).

Figura 20: Carta de controle turno C



Fonte: Os autores, 2024.

Análise por Velocidade de Embutimento

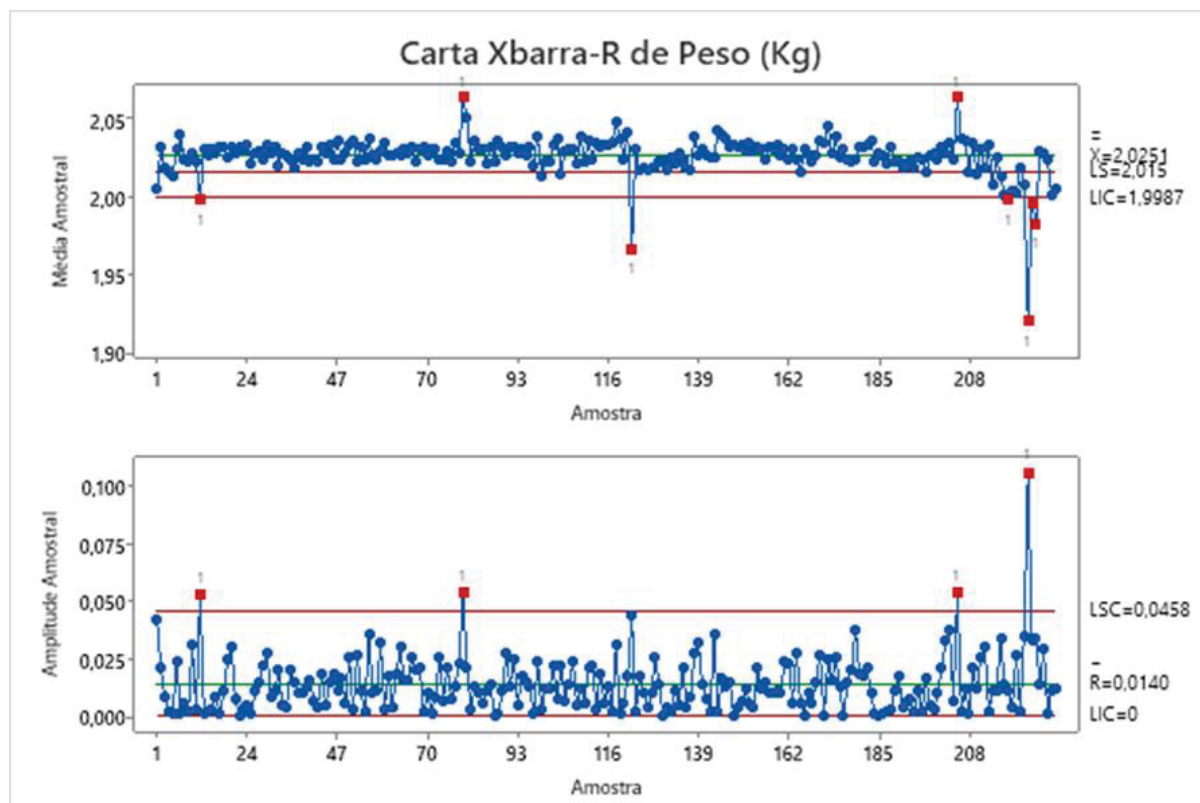
A velocidade com que o queijo é embutido durante o processo de produção pode afetar a densidade e o peso das peças de queijo. Portanto, é relevante analisar se diferentes velocidades de embutimento têm impacto na variabilidade do peso das peças de queijo produzidas.

Plotaram-se gráficos com os dados de coleta para as diferentes velocidades de embutimento (42 kg/min e 22 kg/min). Estas velocidades foram determinadas pois 42 kg/min é a capacidade máxima operacional da máquina e 22 kg/min é a capacidade mínima de produção de queijo.

Parâmetro 42 kg/min

Para a velocidade de 42 kg/min, identificou-se que a grande maioria das amostras permaneceu acima do limite superior, mas a amplitude amostral foi reduzida, indicando uma menor variação entre as amostras (Figura 21 - Parâmetro 42 kg/min).

Figura 21: Parâmetro 42 kg/min

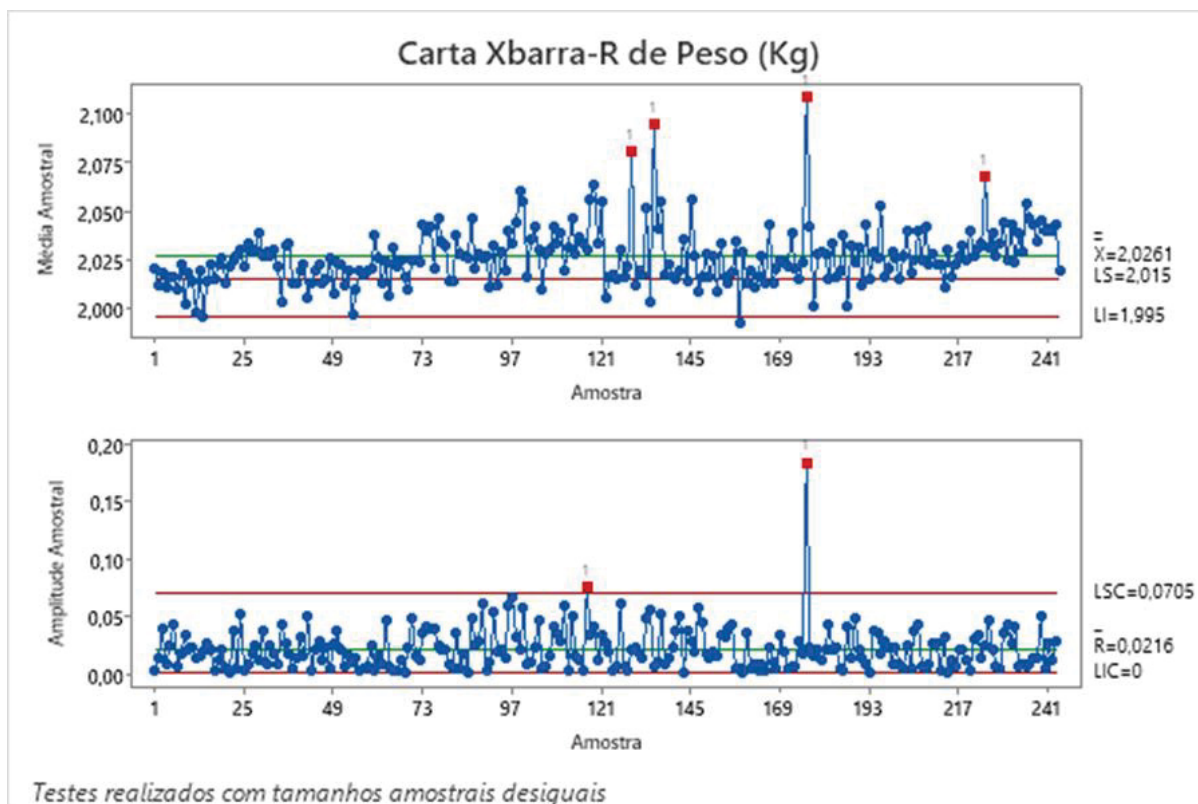


Fonte: Os autores, 2024.

Parâmetro 22 kg/min

Para a velocidade de 22 kg/min, identificou-se que a maioria das amostras se encontra acima do LSC, indicando um sobrepeso. No entanto, a variação entre as amostras foi maior, portanto, operar nesta velocidade é menos eficaz do que produzir na capacidade máxima do equipamento (Figura 22).

Figura 22: Parâmetro 22 kg/min



Fonte: Os autores, 2024.

Após a análise das cartas de controle, identificou-se que o peso das peças de queijo análogo tende a ser superior ao limite superior estipulado. Este limite superior considerou o peso e o custo da embalagem, sendo viável controlar o peso acima dessas embalagens para evitar o descarte. O processo de conferência do peso das peças e ajustes na configuração da embutidora realizado pelos operadores não é o método mais eficaz, além da demora no tempo de reação ao peso de cada peça. O procedimento de conferência do peso é realizado a cada 10 peças envasadas, aumentando a chance de sobrepeso nas outras 9 peças, evidenciado pelas cartas de controle.

Em todos os gráficos, há evidências de que os processos não estão sob controle estatístico devido à presença de pontos fora dos limites de controle e picos significativos. Todos os turnos mostraram problemas de controle, mas com variações em diferentes pontos, sugerindo que problemas específicos de cada turno precisam ser abordados separadamente.

Avaliando os diferentes parâmetros de velocidade de embutimento, identificou-se que a máquina mostra capacidade de manter uma dosagem constante com menor variação entre as peças quando operada em sua capacidade máxima. Portanto, é válido reforçar para o operador que quanto mais rápido ele envasar o produto, menos desperdício ocorrerá, pois a embutidora possui uma melhor performance ao produzir em sua capacidade mais alta.

4.3 RESULTADOS DA ETAPA ANALISE (ANALISAR)

A etapa Analisar teve como principal objetivo identificar a origem dos sobrepesos nas peças de queijo análogo. Primeiramente, foi necessário explorar e mapear o problema para identificar a causa ou as causas raízes. Para o mapeamento do processo gerador do problema, utilizou-se um fluxograma detalhando cada etapa do processo (Figura 23).

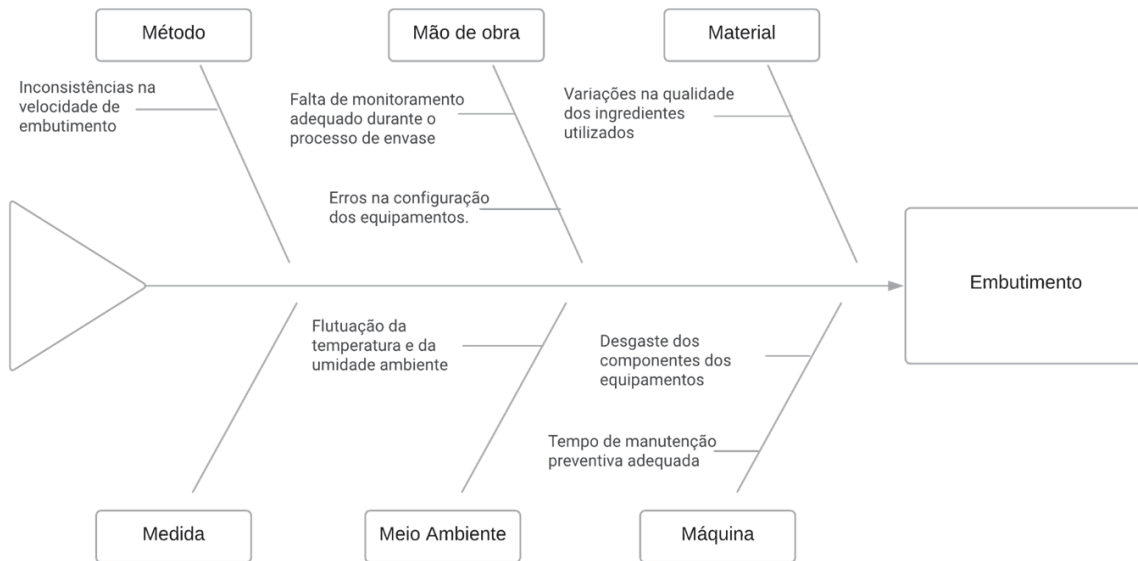
Figura 23: Fluxograma processo de produção do queijo análogo



Fonte: Os autores, 2024.

Portanto, o processo gerador do problema é o Embutimento. Nesta etapa do processo, é controlado os parâmetros de velocidade de embutimento conforme a checagem de peso das peças manual realizada pelo operador a cada 10 peças envasadas. Para a identificação das causas raízes, foi utilizado o diagrama de Ishikawa (Figura 24).

Figura 24: Diagrama de Ishikawa para o sobrepeso das peças de queijo análogo



Fonte: Os autores, 2024.

O Diagrama de Ishikawa forneceu uma visão clara do problema, evidenciando uma maior concentração de causas relacionadas à máquina e à mão de obra. Essas causas foram estudadas detalhadamente para determinar se são de fato causas-raiz ou consequências de outras causas.

As principais categorias analisadas foram:

- **Método:** Inconsistências na velocidade de embutimento podem levar a uma distribuição irregular de queijo dentro das embalagens, resultando em sobrepeso em algumas peças.
- **Mão de Obra:** Erros na configuração dos equipamentos por parte dos operadores podem resultar em ajustes inadequados de pressão e velocidade de embutimento. A falta de monitoramento adequado durante o processo de envase afeta os ajustes inadequados ou tardios, devido à checagem do peso a cada 10 peças.
- **Material:** A diversidade de fornecedores pode acarretar diferentes características na mesma matéria-prima, já que os processos de obtenção variam entre fornecedores, acarretando diferenças na matéria-prima.

- **Meio Ambiente:** Flutuações na temperatura e umidade durante o embutimento podem afetar a viscosidade e consistência do queijo, influenciando o peso das peças.
- **Máquina:** Desgaste dos componentes dos equipamentos pode afetar a precisão e consistência do processo de embutimento. Foi verificado se o tempo de manutenção preventiva da embutidora está adequado ou se é necessário realizá-la em intervalos menores.

Para identificar as causas relacionadas a cada foco do problema, conduziu-se uma análise detalhada utilizando métodos como brainstorming, análise de dados, observação do processo e revisão de registros.

Foco - Turno de Produção:

- Realizou-se uma revisão dos registros de produção para identificar padrões ou tendências relacionadas ao sobrepeso das peças de queijo análogo em diferentes turnos.
- Entrevistas com operadores e supervisores foram realizadas para entender suas percepções e observações sobre possíveis problemas durante cada turno.
- Analisaram-se dados históricos para correlacionar o sobrepeso das peças com variáveis específicas do turno, como o tempo de funcionamento da máquina, níveis de pessoal e mudanças de turno.
- Conduziu-se uma análise estatística para determinar se havia uma diferença significativa no sobrepeso das peças entre os diferentes turnos.

Foco - Velocidade de Embutimento:

- Os operadores foram entrevistados para entender os procedimentos de configuração e ajuste dos equipamentos de embutimento, bem como quaisquer desafios ou problemas encontrados durante o processo.
- Foram revisados os manuais dos equipamentos para identificar os parâmetros ideais de velocidade de embutimento.

- Conduziram-se testes práticos e observações diretas do processo de embutimento para identificar eventuais inconsistências ou problemas operacionais.

Após a análise das causas levantadas, decidiu-se realizar a priorização das causas, explicando o motivo da não priorização das outras causas.

Causas Priorizadas:

- **Inconsistência na Velocidade de Embutimento:** Esta causa refere-se à variação na velocidade com que o queijo é embutido durante o processo de fabricação. A inconsistência na velocidade de embutimento pode resultar em doses irregulares de queijo em cada peça produzida, levando a uma distribuição desigual de queijo nas embalagens e resultando em algumas peças com sobrepeso.
- **Falta de Monitoramento Adequado Durante o Processo:** Esta causa indica uma lacuna no monitoramento do processo de fabricação, resultando em falhas para detectar problemas em tempo hábil, como variações na velocidade de embutimento e configurações incorretas dos equipamentos.
- **Erro na Configuração do Equipamento:** Erros na configuração do equipamento podem resultar em ajustes inadequados durante o processo de produção, levando a variações indesejadas nas características do produto final.

Causas Não Priorizadas:

- **Variação na Qualidade dos Ingredientes Utilizados:** Não priorizada devido à dificuldade de obter ingredientes específicos e exclusivos para a produção de queijos análogos no mercado internacional.
- **Flutuação na Temperatura e Umidade Ambiente:** Não priorizada porque foi realizada a instalação de um sistema de controle de climatização do ambiente, controlando temperatura e umidade.
- **Desgaste dos Componentes dos Equipamentos / Tempo de Manutenção Preventiva:** Não priorizada, pois a troca dos componentes e o tempo de

manutenção preventiva são definidos pelo fabricante, garantindo que o equipamento esteja sempre apto para uso.

Utilizou-se um Diagrama de Matriz para identificar e visualizar as relações entre diferentes variáveis ou fatores, ajudando na priorização das causas (Quadro 7). As causas foram priorizadas com base no impacto no problema e na viabilidade de intervenção.

Quadro 7: Diagrama de matriz

Causa potencial	Turno de produção	Velocidade de embutimento
Inconsistências na Velocidade de Embutimento	x	x
Erros na Configuração dos Equipamentos	x	x
Falta de Monitoramento Adequado	x	x
Variação na qualidade dos ingredientes		x
Flutuação na temperatura e umidade do ambiente		x
Desgaste dos equipamentos / tempo de manutenção preventiva	x	x

Fonte: Os autores, 2024.

Neste diagrama, "X" indica uma relação entre a causa potencial e a meta específica. Por exemplo, "X" na célula Turno de Produção e na linha "Inconsistências na Velocidade de Embutimento" indica que essa causa pode afetar o turno de produção. Da mesma forma, "X" na célula Velocidade de Embutimento e na linha "Erros na Configuração dos Equipamentos" indica que essa causa pode afetar a velocidade de embutimento.

Portanto, após analisar minuciosamente as causas, identificaram-se as causas potenciais, as quais agregam maior impacto ao problema e são causas que é possível resolvê-las com mais facilidade. Por isso é necessário realizar a priorização das causas potenciais.

As causas potenciais identificadas foram:

- Inconsistência na velocidade de embutimento
- Erros na configuração dos equipamentos
- Falta de monitoramento adequado durante o processo

As matrizes de prioridades foram utilizadas para garantir que as causas mais críticas fossem abordadas primeiro, guiando o desenvolvimento e a implementação das soluções.

TURNO DE PRODUÇÃO	VELOCIDADE DE EMBUTIMENTO	CAUSA PRIORIZADA	DESCRIÇÃO DA CAUSA
x	x	Inconsistência na velocidade de embutimento	Esta causa refere-se à variação na velocidade com que o queijo é embutido durante o processo de fabricação. A inconsistência na velocidade de embutimento pode resultar em doses irregulares de queijo em cada peça produzida. Isso pode levar a uma distribuição desigual de queijo nas embalagens, resultando em algumas peças com sobrepeso.
x	x	Falta de monitoramento adequado durante o processo	Esta causa indica uma lacuna no monitoramento do processo de fabricação. A falta de monitoramento adequado pode resultar em falhas em detectar problemas em tempo hábil, como variações na velocidade de embutimento, configurações incorretas dos equipamentos
x	x	Erro na configuração do equipamento	Erros na configuração do equipamento podem resultar em ajustes inadequados durante o processo de produção, levando a variações indesejadas nas características do produto final

Após a priorização das causas, determinaram-se as causas fundamentais para os focos do projeto.

TURNO DE PRODUÇÃO	VELOCIDADE DE EMBUTIMENTO	CAUSA FUNDAMENTAIS	DESCRIÇÃO DA CAUSA
x	x	Inconsistência na velocidade de embutimento	Esta causa refere-se à variação na velocidade com que o queijo é embutido durante o processo de fabricação. A inconsistência na velocidade de embutimento pode resultar em doses irregulares de queijo em cada peça produzida. Isso pode levar a uma distribuição desigual de queijo nas embalagens, resultando em algumas peças com sobrepeso.
x	x	Falta de monitoramento adequado durante o processo	Esta causa indica uma lacuna no monitoramento do processo de fabricação. A falta de monitoramento adequado pode resultar em falhas em detectar problemas em tempo hábil, como variações na velocidade de embutimento, configurações incorretas dos equipamentos
x	x	Erro na configuração do equipamento	Erros na configuração do equipamento podem resultar em ajustes inadequados durante o processo de produção, levando a variações indesejadas nas características do produto final

A análise das causas potenciais mostrou que todas as causas afetam diretamente os focos determinados. Portanto, foi necessário realizar ações que contemplem todas as causas potenciais, minimizando o problema de sobrepeso das peças de queijo análogo de forma abrangente.

Figura 25: Priorização das causas dos focos 1 e 2

Causa Priorizada	Descrição da Causa	Evidência da Causa	Prova de que a Causa teve Correlação com o Foco	Causa Comprovada?
Inconsistência na velocidade de embutimento	Esta causa refere-se à variação na velocidade com que o queijo é embutido durante o processo de fabricação. A inconsistência na velocidade de embutimento pode resultar em doses irregulares de queijo em cada peça produzida. Isso pode levar a uma distribuição desigual de queijo nas embalagens, resultando em algumas peças com sobrepeso.	Variação do peso dos sobrepesos conforme velocidade de embutimento, quanto mais próximo a capacidade máxima do equipamento mais preciso.	Anexo Velocidades Embutimento	Sim
Falta de monitoramento adequado durante o processo	Esta causa indica uma lacuna no monitoramento do processo de fabricação. A falta de monitoramento adequado pode resultar em falhas em detectar problemas em tempo hábil, como variações na velocidade de embutimento, configurações incorretas dos equipamentos	O monitoramento inadequado faz com que peças com sobrepeso passem despercebidas pelo operador, não sendo corrigido de imediato	Anexo Falta Monitoramento	Sim
Erro na configuração do equipamento	Erros na configuração do equipamento podem resultar em ajustes inadequados durante o processo de produção, levando a variações indesejadas nas características do produto final	O erro na configuração ocorre pela falta de monitoramento adequado durante o processo de envase.	Anexo Configuração Equipamento	Sim

Fonte: Os autores, 2024.

Para cada causa identificada, foram desenvolvidas possíveis soluções. Estas soluções foram então avaliadas e priorizadas com base em critérios como custo, tempo de implementação e eficácia esperada. As principais soluções priorizadas foram:

- Implementação de tecnologias avançadas de controle de processo
- Treinamento dos operadores
- Revisão do sistema de manutenção preventiva

4.4 RESULTADOS DA ETAPA IMPROVE (MELHORAR)

Para identificar possíveis soluções para os problemas detectados, foram empregadas diversas técnicas e ferramentas do DMAIC. Primeiramente, foram realizadas sessões de brainstorming com membros da equipe envolvidos no processo de produção do queijo análogo e no projeto. Durante essas sessões, foram levantadas diversas ideias e sugestões para resolver os problemas identificados. Em seguida, após a identificação das causas raiz dos problemas, procedeu-se à análise das possíveis soluções que poderiam abordar essas causas, conduzindo uma análise detalhada para determinar quais intervenções seriam mais eficazes.

Além disso, consultaram-se especialistas no campo da produção de queijo análogo e processos de fabricação para obter insights adicionais e sugestões de soluções. Todas as soluções identificadas foram então submetidas a uma análise de viabilidade técnica, econômica e operacional para determinar sua praticidade e impacto potencial na melhoria do processo.

As soluções propostas abrangem diversas abordagens para enfrentar os problemas identificados:

1. **Utilização de Tecnologias para Controle de Processo:** Propõe-se investir em tecnologias avançadas de controle de processo, como sistemas de automação e monitoramento avançados, para garantir um controle mais preciso e consistente da velocidade de embutimento. A instalação de sistemas de monitoramento em tempo real permitirá acompanhar a

velocidade de embutimento durante todo o processo de fabricação, possibilitando ajustes imediatos conforme necessário.

2. **Treinamento dos Operadores:** Sugere-se fornecer treinamento adicional aos operadores sobre a configuração correta dos equipamentos, incluindo ajustes de pressão e velocidade de embutimento, garantindo que estejam familiarizados com as melhores práticas e procedimentos.
3. **Revisão do Sistema de Manutenção Preventiva:** Recomenda-se revisar o programa de manutenção preventiva dos equipamentos de embutimento para assegurar que estejam sempre operando de forma eficiente e precisa, minimizando assim as variações na produção.
4. **Implementação de Medidas de Controle de Qualidade em Várias Etapas:** Propõe-se introduzir medidas de controle de qualidade em várias etapas do processo produtivo, desde a análise da matéria-prima até a aplicação de ações nos parâmetros de embutimento para identificar e corrigir qualquer problema.
5. **Seleção Robusta de Fornecedores de Matéria-Prima:** Sugere-se implementar um modelo de seleção de fornecedores de matéria-prima, onde a variação da matéria-prima entre os fornecedores seja a mínima possível.

Todas as soluções identificadas foram submetidas a uma análise de viabilidade e impacto para determinar quais seriam mais eficazes e práticas de implementar. A Tabela 2 a seguir resume os resultados dessa análise:

Tabela 2: Análise de Viabilidade e Impacto

Solução	Impacto Potencial	Facilidade de Implementação	Prioridade
Utilização de tecnologias para controle de processo	Alta	Média	Alta
Treinamento dos operadores	Média	Alta	Média
Revisão do sistema de manutenção preventiva	Média	Baixa	Baixa
Implementação de medidas de controle de qualidade em várias etapas	Média	Baixa	Baixa

Selecionamento robusto de fornecedores de matéria prima	Baixa	Baixa	Baixa
---	-------	-------	-------

Fonte: Os autores, 2024.

A priorização das soluções é fundamental para garantir que os recursos e esforços sejam direcionados para as áreas que proporcionarão o maior impacto na resolução do problema. Com isso, foi feita uma reunião com os integrantes do grupo para definir as soluções escolhidas para dar sequência às atividades. Estas soluções priorizadas estão descritas no Quadro 8.

Quadro 8: Soluções priorizadas.

FOCO 1	FOCO 2	CAUSAS FUNDAMENTAIS	SOLUÇÕES ESCOLHIDAS
x	x	Inconsistência na velocidade de embutimento	Utilização de tecnologias para controle de processo
x	x	Falta de monitoramento adequado durante o processo	Utilização de tecnologias para controle de processo
x	x		Treinamento dos operadores
x	x	Erro na configuração do equipamento	Utilização de tecnologias para controle de processo
x	x		Treinamento dos operadores

Fonte: Os autores, 2024.

Com as soluções priorizadas foi feita uma análise de risco que demonstrou que o custo elevado das novas tecnologias é o risco mais crítico e deve ser gerido com alta prioridade. Riscos de média prioridade, como o tempo e os recursos necessários para treinamento, também necessitam de atenção significativa. Riscos associados à complexidade de integração, resistência à mudança, assimilação de conhecimento e rotatividade de pessoal são igualmente importantes, embora tenham um impacto um pouco menor.

Quadro 9: Análise de risco

Causa Fundamental	Solução Selecionada	Risco da Implementação	Análise do Risco			Plano de Contingência
			Probabilidade	Impacto	Risco	
Inconsistência na velocidade de embutimento	Utilização de tecnologias para controle de processo	Custo elevado	80%	8	Alto	Realizar uma análise de custo-benefício detalhada antes da implementação.
		Complexidade da integração	80%	7	Alto	Contratar consultores especializados para

						ajudar na integração.
		Resistência à mudança	60%	7	Médio	Envolver os operadores no processo de decisão e manter uma comunicação clara sobre os benefícios da nova tecnologia.
Falta de monitoramento adequado durante o processo	Treinamento dos operadores	Tempo e Recursos	80%	6	Médio	Planejar treinamentos em períodos de menor demanda de produção para minimizar impacto.
		Assimilação de Conhecimento	60%	5	Médio	Avaliar a eficácia do treinamento através de testes e simulações práticas. Reforçar treinamentos com reciclagens periódicas. Criar materiais de referência e guias que os operadores possam consultar após o treinamento.
		Rotatividade de Pessoal	60%	6	Médio	Criar um programa de mentoria onde operadores experientes ajudam a treinar novos funcionários.
Erro na configuração do equipamento	Utilização de tecnologias para controle de processo	Custo elevado	80%	8	Alto	Realizar uma análise de custo-benefício detalhada antes da implementação.
		Complexidade da integração	80%	7	Alto	Contratar consultores especializados para ajudar na integração.
		Resistência à mudança	60%	7	Médio	Envolver os operadores no processo de decisão e manter uma comunicação clara sobre os benefícios da nova tecnologia.

Fonte: Os autores, 2024.

A análise de riscos é uma etapa crucial para assegurar que as soluções implementadas não gerem problemas adicionais ou imprevistos. No contexto deste projeto, foram identificados vários riscos potenciais associados às soluções propostas. O custo elevado de novas tecnologias foi identificado como o risco mais crítico e deve ser gerido com alta prioridade. Este risco envolve não apenas a compra e instalação do equipamento, mas também a necessidade de manutenção e possíveis

atualizações. Riscos de média prioridade incluem o tempo e os recursos necessários para o treinamento dos operadores. Embora o treinamento seja essencial para garantir a correta utilização dos novos equipamentos e procedimentos, ele requer um investimento significativo de tempo e recursos, que pode impactar a produtividade a curto prazo. Outros riscos incluem a complexidade de integração dos novos sistemas com os processos existentes, a resistência à mudança por parte dos funcionários, a assimilação de novos conhecimentos e a rotatividade de pessoal. Estes riscos, apesar de terem um impacto menor, também necessitam de uma gestão cuidadosa para assegurar a eficácia das soluções implementadas.

A partir disso, construiu-se o plano de ação por meio da ferramenta de 5W2H para desdobrar os planos de ações em informações mais tangíveis e para ser possível a realização das ações de melhoria, que indicaram principalmente o responsável e prazo de entrega. As ações propostas envolvem vários departamentos da fábrica, mostrando a inter-relação de dependência entre os setores, como evidenciado no Quadro 10.

Quadro 10: Plano de ação

Causa Fundamental		Inconsistência na velocidade de embutimento Erro na configuração do equipamento	Falta de monitoramento adequado durante o processo
Solução selecionada a ser implantada		Utilização de tecnologias para controle de processo	Treinamento dos operadores
5 W	Atividade	Implementar tecnologias avançadas de controle de processo para assegurar a consistência no peso das peças de queijo análogo em toda a linha de produção.	Implementar tecnologias avançadas de controle de processo para assegurar a consistência no peso das peças de queijo análogo em toda a linha de produção.
	Who	Equipe de engenharia de processos, operadores de máquinas, equipe de TI, e equipe de controle de qualidade.	Responsáveis pelo treinamento, supervisores de produção, operadores de máquinas, supervisores e equipe de controle de qualidade.
	When	Dentro dos próximos seis meses após a finalização dos testes e ajustes necessários.	Dentro dos próximos três meses após a finalização dos testes de treinamento e avaliação de necessidades.
	Why	Para reduzir a variabilidade no peso das peças, garantindo um	Para assegurar que todos os operadores tenham as habilidades e

2 H		produto final mais consistente e dentro das especificações de qualidade.	conhecimentos necessários para operar as máquinas de maneira eficiente, reduzindo erros que causam variações no peso das peças.
	Where	Na linha de produção onde ocorre o embutimento	Na área de treinamento designada e na linha de produção.
	How	Instalar a tecnologia em todas as linhas de produção, treinar os operadores para utilizar a nova tecnologia, monitorar o desempenho e ajustar conforme necessário.	Desenvolver um programa de treinamento detalhado, realizar sessões de treinamento regulares, avaliar continuamente o desempenho dos operadores e oferecer reciclagem conforme necessário.
	How Much	Custos de aquisição e instalação da tecnologia, tempo da equipe de engenharia e operadores, custos de treinamento.	Custos do desenvolvimento e implementação do programa de treinamento, tempo dos operadores e dos treinadores.
	Status	Em andamento	Em andamento

Fonte: Os autores, 2024.

O equipamento utilizado para fazer o controle do processo em tempo real é o checkweigher. Os sistemas de checkweigher representam uma tecnologia avançada crucial para o controle de peso na indústria alimentícia, permitindo a verificação automática e contínua do peso dos produtos durante o processo de produção. Esses sistemas são compostos por balanças de alta precisão integradas a transportadores automáticos, capazes de medir o peso de cada item em movimento e rejeitar automaticamente aqueles que não atendem às especificações pré-estabelecidas (Costa et al., 2019). A implementação de checkweighers pode otimizar significativamente a eficiência do processo produtivo, assegurando que todos os produtos atendam aos padrões de qualidade e reduzindo a necessidade de intervenções manuais.

A precisão dos checkweighers é um dos principais fatores que contribuem para a sua eficácia. De acordo com estudos de Silva e Santos (2018), esses sistemas podem detectar variações de peso de até miligramas, permitindo ajustes precisos e imediatos durante a produção. Além disso, os checkweighers modernos são equipados com softwares avançados que facilitam a análise de dados e o monitoramento em tempo real, fornecendo informações detalhadas sobre o

desempenho da linha de produção. Essa capacidade de coleta e análise de dados em tempo real permite identificar e corrigir rapidamente quaisquer desvios, melhorando a consistência e a qualidade dos produtos.

A adoção de tecnologias de checkweighers também traz benefícios econômicos significativos. Ferreira et al. (2020) destacam que a redução de desperdícios de matéria-prima, resultante da precisão no controle de peso, pode levar a economias substanciais e melhorar a margem de lucro das empresas. Além disso, a automação do processo de pesagem libera os operadores para se concentrarem em outras tarefas críticas, aumentando a eficiência geral da produção. A implementação de checkweighers pode, portanto, não só garantir a conformidade com os padrões de peso, mas também promover uma gestão mais eficiente e econômica dos recursos.

Diversos estudos de caso documentam a implementação bem-sucedida de sistemas de checkweighers em linhas de produção alimentícias, demonstrando melhorias significativas na eficiência e redução de desperdícios.

Um estudo detalhado realizado por Gomes (2020) investigou a implementação de checkweighers em uma empresa de laticínios. O estudo revelou que a empresa conseguiu reduzir em 30% o desperdício de matéria-prima após a instalação do checkweigher. Esta redução foi atribuída à capacidade do sistema de verificar continuamente o peso dos produtos e ajustar automaticamente os parâmetros de envase, garantindo a conformidade com as especificações de peso estabelecidas. Além disso, a empresa observou uma melhoria na qualidade do produto final, que se traduziu em uma maior satisfação do cliente.

Sobre a implementação e o acompanhamento, os testes das soluções ainda não foram realizados porque os equipamentos necessários para a implementação ainda não foram instalados. É essencial garantir que todos os novos equipamentos e tecnologias estejam corretamente instalados e configurados antes de realizar qualquer teste para validar as soluções propostas. Uma vez que os equipamentos estejam instalados, será necessário agendar os testes conforme os planos descritos. Durante o período de preparação, recomenda-se finalizar todos os detalhes dos planos de teste, treinar a equipe e garantir que todos os recursos necessários estejam disponíveis para uma execução eficiente e eficaz dos testes.

Esses planos de ação garantirão que cada solução seja testada de forma sistemática e abrangente, permitindo a identificação de quaisquer ajustes necessários antes da implementação total. A documentação detalhada dos resultados ajudará na avaliação da eficácia de cada solução e na tomada de decisões informadas para futuras melhorias no processo de produção.

Quadro 11 - Ações implementadas conforme planejado para turno de Produção e Velocidade de Embutimento

Causa Fundamental	Solução Implantada	Resultado Da Implementação	Status final
Inconsistência na velocidade de embutimento Erro na configuração do equipamento	Utilização de tecnologias para controle de processo	Não foram obtidos resultados ainda	Não iniciado
Falta de monitoramento adequado durante o processo	Treinamento dos operadores	Está sendo aguardado a instalação do equipamento, após a instalação será realizado o treinamento	Não iniciado

Fonte: Os autores, 2024.

Com isso, as metas ainda não foram alcançadas, pois o equipamento adquirido ainda não foi instalado. A instalação está prevista para a segunda semana de julho de 2024. O processo de aquisição enfrentou atrasos devido a um processo burocrático prolongado e problemas climáticos no final de 2023 em Santa Catarina. Após a fabricação e entrega do equipamento no início de 2024, foi necessário aguardar a auditoria da FSSC 22000 na fábrica, pois este equipamento não foi adicionado ao escopo a ser auditado.

Segue abaixo o pedido de compra do equipamento e a carta assinada pela Champion oficializando o aceite do projeto (Figura 26 - Pedido de Compra do equipamento e Figura 27 - Carta de aquisição da empresa hospedeira).

Figura 26: Pedido de compra do equipamento

alibra Empresa: ALIBRA INGREDIENTES SA Endereço: ROD. BR 163 S/N KM 283.6 CEP: 85960-000 Cidade: MAL. CANDIDO RONDON UF: PR TEL: 45 3284-5200 FAX: 45 3254-8188 CNPJ/CPF 03.645.657/0002-95 IE: 9024067510		P E D I D O D E C O M P R A S - R E A I S 040348 /1 1a. Emissão 1a. VIA Razão Social: PERFOR INDUSTRIA DE MAQUINAS LTDA Código: PERFOR Loja: 08 Endereço: RUA VILA NOVA, 192 GALPAO Bairro: VILA NOVA Município: ASCURBA Estado: SC CEP: 89188000 CNPJ/CPF : 09.004.720/0001-08 FONE: (47) 3383-3702 FAX: (47) Ins. Estad.: 155498608								
Item	Produto	Descricao	UM	Quantidade	Valor Unitario	% IPI	Valor Total	Dt. Entrega	CC	Nro. SC
0001	AT00101639	CHECKWEIGHER DINAMICO COM ESTEIRA DE ENT PESAGEM E SAIDA 1KG	PC	1,0000	162.000,0000	0,00	162.000,0000	16/02/24	6030	
D E S C O N T O S --> 0.00 % 0.00 % 0.00 % 0,00										
Local de Entrega : ROD. BR 163 S/N KM 283.6 Local de Cobrança : ROD. BR 163 S/N KM 283.6				MAL. CANDIDO RONDON - PR - CEP : 85960-000 MAL. CANDIDO RONDON - PR - CEP : 85960-000						
Condição de Pagto 130 0/30/60/90 DDL				Data de Emissão 16/10/23		Total das Mercadorias : 162.000,00 Total com Impostos: 162.000,00				
Observações PROJETO CHECKWEIGHER Centro de Custo: 883A Conta Contábil: 130.03.0083				IPI : 0,00 Frete : 0,00		ICMS : 0,00 Despesas : 0,00 SEGURO : 0,00				
				Total Geral : 162.000,00						
Comprador Responsável : Renan Araujo Compradores Alternativos : Aprovador(es) : Everton Kaufmann [Ok] - RODRIGO BERNARDES [##] -										
Legenda de Aprovação : BLQ: Bloqueado Ok: Liberado REJ: Rejeitado ??: Aguar Lib ##: Nivel Lib										
So aceitaremos a mercadoria se na sua Nota Fiscal constar o numero do nosso Pedido de Compras Nós, da Alibra Ingredientes, respeitamos seus dados pessoais, Em caso de dúvidas, entre em contato com nosso DPO através do e-mail: dpo@alibra.com.br										

Fonte: Os autores, 2024

Figura 27: Carta de aquisição da empresa hospedeira



ALIBRA INGREDIENTES SA
ROD RODOVIA BR 163, KM 283,6
Marechal Cândido Rondon, Paraná, 85960-000

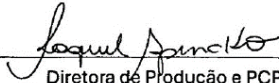
26/06/2024

À Universidade Federal do Paraná e Instituto Nomm,

Temos o prazer de informar que a Alibra Ingredientes SA adquiriu a checkadora de pesos automática com rejeitador oferecida pela empresa Perfor. Esta aquisição faz parte do projeto Black Belt, cuja iniciativa visa a redução do desperdício de produto devido ao sobrepeso das peças de queijos análogos.

Com grande satisfação, podemos afirmar que a implementação deste equipamento permitirá alcançar os objetivos estabelecidos no projeto, garantindo maior precisão na pesagem dos produtos e minimizando significativamente as perdas. Este resultado reflete o sucesso do projeto e a importância de parcerias estratégicas para a inovação e eficiência em nossos processos produtivos.

Atenciosamente,


Diretora de Produção e PCP
Raquel Spessatto

4.5 RESULTADOS DA ETAPA CONTROL (CONTROLAR)

A etapa Control não foi iniciada porque o equipamento necessário para implementar as soluções ainda não está instalado. A instalação do equipamento está programada para a segunda semana de julho de 2024. A aquisição enfrentou atrasos devido a um processo burocrático prolongado e problemas climáticos no final de 2023 em Santa Catarina, que afetaram o início da fabricação do equipamento. Após a entrega no início de 2024, foi necessário aguardar a auditoria da FSSC 22000 na fábrica, pois o equipamento não foi adicionado ao escopo a ser auditado. Assim que o equipamento estiver corretamente instalado e configurado, as atividades de controle poderão ser iniciadas, garantindo a estabilidade e a sustentabilidade das melhorias implementadas.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho teve como objetivo descrever o processo de implantação da metodologia Lean Seis Sigma na busca pela melhoria do processo de embalagem de queijos análogos. A investigação das causas do sobrepeso nas peças de queijo análogo e a aplicação de uma metodologia estruturada permitiram o desenvolvimento de soluções eficazes. A priorização e implementação das soluções resultaram em melhorias mensuráveis na consistência do produto.

A execução completa do plano de ação, incluindo as soluções ainda não testadas, é crucial para garantir a sustentabilidade das melhorias. A continuidade no monitoramento e a adaptação do processo conforme necessário serão fundamentais para manter a qualidade e consistência do produto. Este projeto destaca a importância de uma abordagem sistemática e baseada em dados para a solução de problemas industriais complexos.

Ainda que a maior parte das análises tenha sido feita a partir do Seis Sigma, o Lean foi ferramenta essencial durante o desenho do mapa de processo ao identificar os desperdícios que estavam impactando no processo de atendimento. Ademais, a visão enxuta serviu como base de raciocínio para formular as soluções na fase de melhoria que foram convertidas posteriormente em um plano de ação que gerou os resultados apresentados. Desse modo, conforme foi visto, a união das duas metodologias criou um poderoso recurso para melhoria de processos, como evidenciado nos resultados do projeto.

Por fim, ainda que o Lean Seis Sigma não seja de fácil implementação, é possível afirmar que o método apresenta resultados consideráveis para gerenciar projetos de melhoria. Consagrado na manufatura, existe ainda um amplo leque de possibilidades na área de serviços para impulsionar a redução do desperdício e diminuir a variabilidade de processo

5.1. Sugestões de trabalhos futuros

A continuidade dos esforços de monitoramento e a implementação das sugestões de trabalhos futuros são essenciais para garantir a sustentabilidade e a melhoria contínua do processo, com isso, algumas sugestões de trabalhos futuros incluem:

1. **Automatização Total do Processo:** Explorar a possibilidade de automatizar completamente o processo de embutimento, reduzindo ainda mais a variabilidade e os erros humanos.
2. **Integração com Sistemas de Gestão da Qualidade:** Integrar os novos sistemas de controle com os sistemas de gestão da qualidade da empresa, para uma visão holística e centralizada do processo.
3. **Pesquisa e Desenvolvimento:** Investir em pesquisa e desenvolvimento para novas tecnologias e métodos de embutimento que possam aumentar a eficiência e a qualidade do produto.
4. **Benchmarking:** Realizar benchmarking contínuo com outras empresas do setor para identificar melhores práticas e inovações que possam ser implementadas.
5. **Expansão das Tecnologias para Outras Linhas Produtivas:** A expansão das tecnologias avançadas de controle de processo para outras linhas de produção existentes na empresa. Este passo garantiria que todas as linhas se beneficiem dos avanços tecnológicos, assegurando uniformidade e alta qualidade em toda a produção.
6. **Nova Linha de Produção de Queijos Análogos:** Considerar que a nova linha de produção de queijos análogos que será construída contemple todas as soluções implementadas. Isso inclui a incorporação desde o início de tecnologias avançadas de controle de processo, programas de treinamento contínuo para operadores e um sistema robusto de manutenção preventiva.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHERNE, J.; WHELTON, J. **Applying Lean in Healthcare: A Collection of International Case Studies**. Boca Raton, CRC Press, 2010.

BLACK K, REVERE L. Six Sigma arises from the ashes of TQM with a twist. *Inter J Health Care Qual Assur*. 2006;19(3):259–266.

CAMPOS, V. F. **Gerenciamento pelas diretrizes (Hoshin Kanri)**. Nova Lima: Falconi, 2012.

CORDEIRO, E. D. A.; MELO, M. B.; FERNANDES, S. C. S. Um Estudo sobre a Utilização da ANOVA de uma Via na Produção Científica na Área de Psicologia. **Meta: Avaliação**, Rio de Janeiro, v. 10, n. 28, p. 139-153, jan./abr. 2018. Disponível em: . Acesso em: 7 nov. 2018

DOMINGUES, T. S.; PACHECO, D. A. J. Programa Seis Sigma: uma análise prática em processos de manufatura. **Espacios**, v. 35, n. 13, p. 1, 2014. Disponível em: <<https://www.revistaespacios.com/a14v35n13/14351301.html>>. Acesso em: 10 jul. 2024.

Evans, J., y Lindsay, W. L. (2014). *Administración y control de la calidad*. Boston, MA: Cengage Learning.

FERNANDES, M. M. **Análise do processo de seleção de projetos seis sigma em empresas de manufatura no Brasil**. 2006. 109 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2006.

GEORGE, M. L. **Lean Six Sigma for Services: How to Use Lean Speed and Six Sigma Quality to Improve Services and Transactions**. New York: McGraw-Hill, 2003.

GRABAN, M. **Hospitais Lean: Melhorando a Qualidade, a Segurança dos Pacientes e o Envolvimento dos Funcionários**. Porto Alegre: Bookman, 2013.

HAHN, G. J. **As 20 Lições Mais Importantes Sobre o Seis Sigma**. Disponível em: <https://www.qsp.org.br/biblioteca/vinte_licoos.shtml>. Acesso em: 4 jul. 2018.

KALSVIK, G. R. **Performance Improving Using Six Sigma**. 2016. Tese (Mestrado em Economia Industrial) – Faculty of Science and Technology, Department of Industrial Economics, Risk Management and Planning, University of Stavanger, Norway, 2016. Disponível em: . Acesso em: 1 jul. 2018.

LEAN ENTERPRISE INSTITUTE. Principles of Lean. Disponível em: . Acesso em: 16 jun. 2018.

LIKER, Jeffrey. K. O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo. Tradução Lene Belon Ribeiro. Porto Alegre: Bookman, 2005

LINDERMAN, K.; SCHROEDER, R. G.; ZAHEER, S.; CHOO, A. S. Six Sigma: a goaltheoretic perspective. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 2, p. 193-203, mar. 2003. Disponível em: . Acesso em: 3 jul. 2018

MAHONEY, M.; MAGEL, R. C. Estimation of the Power of the Kruskal-Wallis Test. **Biometrical Journal**, v. 38, n. 5, p. 613-630, 1996.

MARQUES, C. A. N. **Monitoramento de Processo Seis Sigma por Gráficos de Controle Shewhart**. 2013. 80 f. Dissertação (Pós-Graduação em Estatística Aplicada e Biometria) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2013. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4073/texto%20completo.pdf?sequence=1>>. Acesso em 1 jul. 2014.

MATTHEWS, C. H.; BRUEGGEMANN, R. Innovation and Entrepreneurship: A Competency Framework. New York, Routledge, 2015.

MINITAB. **Identificação de outliers**. Disponível em: . Acesso em: 19 out. 2018a

MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. **Applied Statistics and Probability for Engineers**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2003.

NARULA, V.; GROVER, S. Six Sigma: Literature Review and Implications for Future Research. **International Journal of Industrial Engineering & Production Research**, v. 26, n. 1, p. 13-26, jan. 2015. Disponível em: . Acesso em: 1 jul. 2018.

OHNO, Taiichi. O sistema Toyota de produção: Além da produção em larga escala. Bookman, 1997.

PANDE, P. S.; NEUMAN, R. P.; CAVANAGH, R. R. The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance. New York: McGraw Hill, 2000.

REIS, L. V.; SILVA, A. L. E.; CORBELLINI, R. H.; RABUSKE, F. B. O Uso das Ferramentas Brainstorming e 5W2H no Planejamento de Combate a Incêndio em Indústrias de Tabaco. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 36., 2016, João Pessoa. **Anais eletrônicos**. João Pessoa: ENEGEP, 2016. Disponível em: . Acesso em: 5 jul. 2018.

RISSI, L. A. **Aplicação da Metodologia 6 Sigma Para Resolução do Problema da Falta de Acurácia no Estoque de Uma Empresa**. 2007. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <<http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180830/tce-31052010-094813/?&lang=br>>. Acesso em: 16 set. 2018.

RODRIGUES, M. V. **Entendendo, Aprendendo, Desenvolvendo Qualidade Padrão Seis Sigma**. Rio de Janeiro, Qualitymark, 2006.

RUNHA, F. P. **O Uso do Método Seis Sigma Para Identificar Áreas de Risco: Uma Aplicação em Uma Indústria Farmacêutica**. 2005. 122 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005

SNEE, R. D. Lean Six Sigma – getting better all the time. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 1, n. 1, p. 9-29, 26 mar. 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1108/20401461011033130>. Acesso em: 22 jan. 2021.

TJAHJONO, B.; BALL, P.; VITANOV, V. I.; SCORZAFAVE, C.; NOGUEIRA, J.; CALLEJA, J.; MINGUET, M.; NARASIMHA, L.; SRIVASTAVA, A.; SRIVASTAVA, S.; YADAV, A. Six Sigma: a literature review. *International Journal of Lean Six Sigma*, v. 1, n. 3, p. 216-233, 2010

TORMAN, V. B. L.; COSTER, R.; RIBOLDI, J. Normalidade de variáveis: métodos de verificação e comparação de alguns testes não-paramétricos por simulação. **Revista**

HCPA, Porto Alegre, v. 32, n. 2, p. 227-234, 2012. Disponível em: . Acesso em: 4 jul. 2018.

TRAD, S.; MAXIMIANO, A. C. A. Seis Sigma: Fatores Críticos de Sucesso para sua Implantação. RAC, Curitiba, v. 13, n. 4, p. 647-662, Out./Dez. 2009. Disponível em: . Acesso em: 1 jul. 2018.

WERKEMA, C. A lamentável banalização do Lean Seis Sigma. **Banas Qualidade**, São Paulo, ano 14, n. 276, p. 26-30, jun. 2015. Disponível em: . Acesso em: 4 jun. 2018.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. A mentalidade enxuta nas empresas: elimine o desperdício e crie riqueza. 6 ed. Rio de Janeiro: Campus, 2003.

YADAV, G.; DESAI, T. N. Lean Six Sigma: a categorized review of literature. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 7, n. 1, p. 2-24, 2016. Disponível em: . Acesso em: 1 jun. 2018.