



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

LARISSA BEATRIZ DE MELO MOURA

**A IMPORTÂNCIA DA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA
PARA OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS: UM ESTUDO DE CASO APLICADO A
UMA FÁBRICA DE TINTAS DECORATIVAS.**

Recife

2024

LARISSA BEATRIZ DE MELO MOURA

**A IMPORTÂNCIA DA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA COMO
ESTRATÉGIA PARA OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS: UM ESTUDO DE
CASO APLICADO A UMA FÁBRICA DE TINTAS DECORATIVAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
a Coordenação do Curso de Graduação em
Engenharia Química da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Química.

Orientadora: Profa. Dra. Daniella Carla
Napoleão

Recife
2024

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

Moura, Larissa Beatriz de Melo.

A importância da metodologia Lean Seis Sigma como estratégia para
otimização de processos: um estudo de caso aplicado a uma fábrica de tintas
decorativas / Larissa Beatriz de Melo Moura. - Recife, 2024.

p.55 : il.

Orientador(a): Daniella Carla Napoleão

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

Inclui referências.

1. Eficiência operacional. 2. Gestão da qualidade. 3. Melhoria contínua. I.
Napoleão, Daniella Carla . (Orientação). II. Título.

620 CDD (22.ed.)

LARISSA BEATRIZ DE MELO MOURA

**A IMPORTÂNCIA DA METODOLOGIA LEAN SEIS SIGMA COMO ESTRATÉGIA
PARA OTIMIZAÇÃO DE PROCESSOS: um estudo de caso aplicado a uma
fábrica de tintas decorativas.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Química da Universidade Federal de
Pernambuco, como requisito parcial para
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia Química.

Aprovado em: 09/10/2024

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Daniella Carla Napoleão (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Maurício Alves da Motta Sobrinho (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Ma. Ingrid Larissa Da Silva Santana (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha profunda gratidão a todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho, pois sem o apoio de cada um de vocês, este feito não teria sido possível.

Em primeiro lugar, expresso minha sincera gratidão a Deus, cuja graça e orientação estiveram presentes em cada etapa deste percurso acadêmico e que me manteve firme nos momentos mais difíceis.

À minha amada família, em especial meus pais, Marcos e Maria, e à minha irmã Raissa, agradeço por todo amor, apoio e incentivo. Assim como meus sogros, André e Giovanna, por terem torcido tanto por mim.

Ao meu noivo João, agradeço por ser meu maior incentivador, por tantas vezes ter pegado na minha mão e me ajudado a fazer quando eu não acreditava ser capaz. Obrigada por não ter me deixado desistir.

Aos meus queridos amigos, que compartilharam risos, desafios e momentos de descontração, agradeço por serem uma fonte constante de alegria e apoio emocional. Aos professores e orientadores, expresso minha gratidão pela ajuda em meu desenvolvimento acadêmico e profissional.

Ao meu gestor Carlos Oliveira, agradeço a oportunidade de adquirir tantos conhecimentos em um ambiente prático e desafiador e por ter sido paciente orientador.

A todos os professores com quem tive a oportunidade de conviver durante esses anos na UFPE, em especial à minha professora orientadora Daniella Carla, por toda paciência e ajuda nesse momento final de curso.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para este trabalho, direta ou indiretamente. Este é um marco que compartilho com todos vocês.

RESUMO

Este estudo explorou a implementação da metodologia *Lean Seis Sigma* em uma fábrica de tintas decorativas, destacando sua eficácia na otimização de processos e manutenção da qualidade do produto. A pesquisa realizada justifica-se pela necessidade de melhorar a eficiência operacional e reduzir desperdícios, considerando a demanda crescente por produtos de alta qualidade e competitivos. Este trabalho tem como objetivo promover a redução de variabilidade nos processos, eliminar desperdícios e aumentar a eficiência operacional. Para tal, foi realizado um estudo de caso com métodos de análise estatística e ferramentas específicas do *Lean Seis Sigma* para examinar e otimizar os processos de produção. Os resultados obtidos indicam uma melhoria significativa na eficiência e na qualidade dos produtos, com redução nos custos operacionais. Ao longo do trabalho verificou-se a relevância prática dessas metodologias para aumentar a competitividade e sustentabilidade da fábrica, sugerindo que tais práticas sejam contínuas e integradas à cultura organizacional para manter os benefícios a longo prazo. Embora a implementação tenha trazido melhorias significativas, a continuidade e sucesso dessas mudanças dependem do compromisso organizacional, da superação de resistências à mudança e de uma vigilância constante para sustentar os resultados a longo prazo.

Palavras-chave: Eficiência operacional; Gestão da qualidade; Melhoria contínua.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Etapas do projeto.....	29
Figura 2. Definição do problema.....	29
Figura 3. Termo de abertura do projeto.....	33
Figura 4. Mapa SIPOC para processo de enchimento.....	34
Figura 5. Mapa de detalhamento do processo de enchimento.....	35
Figura 6. Diagrama de Ishikawa.....	37
Figura 7. Discrepância na metodologia de cálculo de peso.....	39
Figura 8. Estrutura da máquina SERAC.....	40
Figura 9. Análise da capacidade do processo – avaliação através de histogramas.....	43
Figura 10. Diagrama dos 5 porquês da linha Prodismaq	45
Figura 11. Diagrama dos 5 porquês da linha Gravimétrica.....	47
Figura 12. Análise de resultados: antes X depois (KPI's).....	49
Figura 13. Economia anual do projeto	50

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAFATI – Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas.

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

CEP – Controle Estatístico de Processo.

COVs – Compostos Orgânicos Voláteis.

DOE – *Design* de Experimentos.

DMAIC – Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar.

IoT – Internet das Coisas.

JIT – Justo a Tempo, do inglês *Just in Time*.

LM – Manufatura enxuta, do inglês *Lean Manufacturing*.

LSS – Lean Seis Sigma.

MFV – Mapeamento do Fluxo de Valor.

NCs – Não Conformidades.

OEE – Eficiência Global do Equipamento, do inglês *Overall Equipment Effectiveness*.

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento.

PI&D – Diagrama de Tubulação e Instrumentação, do inglês *Piping and Instrumentation Diagram*.

RCA – Análise de Causa Raiz.

SGL – Sistema de Gestão Integrada.

SIPOC – Fornecedores, Insumos, Processo, Resultados e Clientes, do inglês *Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*.

SMED – Troca Rápida de Ferramentas, do inglês *Single Minute Exchange of Die*.

TPS – Sistema de Produção Toyota, do inglês *Toyota Production System*.

TQM – Gestão da Qualidade Total, do inglês *Total Quality Management*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1 GESTÃO DE PRODUÇÃO.....	10
2.2 <i>LEAN</i> SEIS SIGMA.....	12
2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	17
2.3.1 Diagrama de Ishikawa.....	18
2.3.2 Diagrama dos cinco porquês.....	19
2.4 PRODUÇÃO DE TINTAS DECORATIVAS.....	20
2.5 ESTADO DA ARTE.....	26
3 METODOLOGIA.....	28
3.1 ELABORAÇÃO DO PROJETO.....	28
3.2 ANÁLISE DE DADOS.....	30
3.3 MELHORIA.....	30
3.3.1 Análise da capacidade do processo – histograma.....	31
3.4 ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO.....	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
4.1 ELABORAÇÃO DO PROJETO.....	33
4.2 ANÁLISE DE DADOS.....	37
4.3 MELHORIA.....	40
4.3.1 Análise da capacidade do processo – histograma.....	42
4.4 ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO.....	45
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

A indústria de produção de tintas decorativas enfrenta desafios complexos e crescentes relacionados à eficiência operacional e à manutenção de altos padrões de qualidade. Para responder a essas demandas, a metodologia *Lean Seis Sigma* (LSS) tem se mostrado uma solução robusta, integrando os princípios do *Lean Manufacturing* (LM) e do Seis Sigma para promover a melhoria contínua dos processos industriais. Conforme Sousa (2022), o LM, originado no Sistema Toyota de Produção, é crucial para eliminar desperdícios e otimizar a cadeia produtiva, enquanto o Seis Sigma se concentra na redução da variabilidade e na garantia de qualidade dos produtos entregues ao consumidor.

Inúmeros são os negócios em que a metodologia LSS pode ser utilizada. Nesse sentido, cumpre destacar que a indústria de tintas desempenha um papel fundamental para o setor químico mundial e para a economia industrial, sendo o Brasil um dos cinco maiores mercados mundiais para produção de tintas e líder na América Latina, segundo dados fornecidos pela Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas (ABRAFATI, 2024). Na mesma pesquisa, a associação indica que, em 2023, foram produzidos mais de 1,8 bilhões de litros de tinta, produção que demonstra um aumento de 3,4% em comparação ao ano de 2022. Mais de 75% desse volume é direcionado para o setor de tintas imobiliárias/decorativas, fato que demonstra, de forma incontestável, a relevância do setor e a importância, por si só, desse estudo.

No contexto da produção de tintas, onde a consistência em características como cor e brilho é fundamental, a aplicação do LSS se torna ainda mais relevante. Como destacado por Rodrigues (2019), a variabilidade no processo produtivo pode ser monitorada e controlada de forma eficaz utilizando o Controle Estatístico de Processos (CEP), que minimiza os custos associados ao retrabalho e ao desperdício. Isso é especialmente importante em um setor onde a precisão e a repetibilidade são essenciais para manter a competitividade.

A aplicação do LSS na indústria de tintas decorativas visa resolver problemas críticos de eficiência e qualidade. Uma das problemáticas centrais é a necessidade de melhorar a eficiência operacional sem comprometer a qualidade dos produtos, um desafio comum em indústrias de manufatura intensiva. Segundo Sousa (2022), a

normalização dos procedimentos de trabalho, aliada à redução dos tempos de setup, são medidas essenciais para aumentar a produtividade e garantir a consistência dos produtos, aspectos que são diretamente influenciados pela implementação do LSS.

Outro aspecto problemático que justifica a adoção do LSS é a variabilidade inerente aos processos de produção de tintas, que pode comprometer a qualidade final do produto. Conforme Rodrigues (2019), a utilização do CEP permite uma monitoração rigorosa das variáveis críticas do processo, assegurando que os produtos atendam aos requisitos dos clientes e às normas regulatórias. Essa abordagem é fundamental para evitar defeitos e garantir que cada lote de produção mantenha os padrões de qualidade.

A relevância do tema está em sua aplicação prática na indústria, onde a implementação do *Lean Seis Sigma* pode resultar em melhorias significativas tanto na eficiência quanto na qualidade dos produtos. No contexto competitivo atual, empresas que adotam essas metodologias conseguem se destacar pela capacidade de entregar produtos de alta qualidade de forma consistente, ao mesmo tempo em que reduzem custos e aumentam a eficiência operacional. Como mencionado por Oliveira (2024), a aplicação dessas metodologias levou a uma redução substancial nas paradas de máquinas e à otimização dos recursos em uma fábrica de tintas.

A justificativa para a escolha do tema reside na importância de entender como a combinação das metodologias *Lean* e *Seis Sigma* pode transformar a produção industrial de tintas decorativas, não apenas em termos de eficiência, mas também de qualidade e competitividade. A necessidade de manter um controle rigoroso dos processos e a capacidade de eliminar desperdícios são fatores cruciais para o sucesso em um mercado exigente e em constante evolução. Oliveira (2024) ressalta que a continuidade das práticas de melhoria contínua é fundamental para sustentar os ganhos obtidos.

O objetivo deste estudo é analisar de forma detalhada a implementação da metodologia *Lean Seis Sigma* em uma linha de produção de tintas decorativas, com foco em identificar e eliminar desperdícios, reduzir a variabilidade dos processos e aumentar a eficiência operacional. Além disso, busca-se:

- Avaliar o impacto das melhorias na qualidade dos produtos e na competitividade da empresa, conforme as abordagens apresentadas por Sousa (2022) e Rodrigues (2019);

- Investigar como a integração das práticas *Lean* e Seis Sigma pode contribuir para uma maior colaboração entre os diferentes departamentos da empresa, promovendo uma cultura de melhoria contínua;
- Determinar as melhores práticas para a implementação sustentável do *Lean* Seis Sigma, destacando as estratégias que podem ser adotadas para garantir a continuidade e a eficácia das melhorias realizadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 GESTÃO DE PRODUÇÃO

Entre as décadas de 1920 e 1930, surgiram as primeiras iniciativas voltadas ao controle da qualidade na produção. Em 1924, a introdução dos gráficos de controle, associada ao controle estatístico de processos transformou a abordagem da qualidade de uma ação corretiva para uma perspectiva preventiva. Esses gráficos permitiram o monitoramento contínuo dos processos, promovendo uma cultura de controle preventiva aliada ao conceito de melhoria contínua. Na década de 1930, normativos americanos e britânicos reforçaram essa nova abordagem, consolidando a importância do controle preventivo na qualidade industrial (Oliveira, 2020).

A partir dos anos 1950, emergiu um novo paradigma centrado na garantia da qualidade, representado pelo conceito de *Total Quality Control* (TQC). Esse modelo foi precursor das normas da *International Organization for Standardization* (ISO), culminando na publicação dos primeiros normativos ISO 9000 em 1987, que estabeleceram sistemas de garantia da qualidade a nível global (Lobo, 2019).

O período após a Segunda Guerra Mundial foi marcado por transformações profundas nos conceitos e práticas de qualidade, com destaque para o Japão, onde se desenvolveram os princípios da Gestão da Qualidade Total. Este período foi caracterizado pela ênfase na melhoria contínua, maior envolvimento de colaboradores e fornecedores, além da redução sistemática de desperdícios. Essas práticas foram fundamentais para o estabelecimento de uma cultura de qualidade orientada ao cliente. Durante as décadas de 1970 e 1980, ocorreram significativas evoluções nos modelos de gestão da qualidade, influenciados por programas robustos como o modelo Toyota. Este modelo, focado na eliminação de defeitos e na promoção da melhoria contínua, resultou na criação de ferramentas amplamente utilizadas, como o diagrama de Pareto e o diagrama de causa e efeito. Além destas ferramentas, uma prática importante consistiu em uma reunião conhecida como *brainstorming*, ou também chamada de tempestade de ideias (Pinho *et al.* 2020).

Conforme Soares e Amarante (2022), a competitividade no ambiente empresarial moderno exige a adoção de estratégias de melhoria contínua nos processos produtivos. A metodologia *Lean Seis Sigma*, que integra princípios de eficiência operacional e controle de qualidade, surge como uma resposta robusta

para as empresas que buscam reduzir custos, aumentar a produtividade e manter-se competitivas. A utilização do ciclo DMAIC (composto pelas etapas Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) é fundamental para estruturar essa abordagem, permitindo um mapeamento detalhado dos processos e a identificação de gargalos que afetam a eficiência operacional.

Na visão de Soares e Amarante (2022), a aplicação das ferramentas do *Lean*, como a identificação e eliminação de desperdícios, é essencial para alcançar melhorias significativas no chão de fábrica. Esses desperdícios são classificados em sete categorias pela metodologia e incluem desde excesso de produção até movimentação desnecessária, cuja eliminação contribui diretamente para a redução dos custos operacionais. Ao integrar o *Lean* com o Seis Sigma, que foca na minimização da variabilidade dos processos e na eliminação de defeitos, cria-se um ambiente produtivo mais estável e previsível.

Dessa forma, conforme Soares e Amarante (2022), a fase de definição do problema no ciclo DMAIC, uma das etapas cruciais, exige um entendimento profundo das necessidades do cliente e dos objetivos estratégicos da empresa. A partir dessa compreensão, é possível desenhar um plano de ação que envolva todos os colaboradores e alinhe os esforços em prol de um objetivo comum, o que é essencial para o sucesso das iniciativas de melhoria contínua. Já na fase de medição, que envolve a coleta e análise de dados, Soares e Amarante destacam a importância de ferramentas como o diagrama de Ishikawa e o mapa SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*, ou em português, Fornecedores, Entradas, Processos, Saídas e Clientes) para identificar as causas raízes dos problemas e priorizar ações de melhoria que tragam maior retorno em termos de qualidade e custos.

Por fim, Soares e Amarante (2022) apontam que a fase de controle é crucial para garantir que as melhorias sejam mantidas ao longo do tempo. A implementação de cartas de controle e a padronização dos processos são práticas essenciais para monitorar continuamente o desempenho e assegurar que os ganhos obtidos não sejam perdidos. A capacitação contínua dos colaboradores e a adaptação às mudanças são fatores que contribuem para a longevidade das melhorias implementadas, mantendo a empresa competitiva e preparada para enfrentar os desafios do mercado.

Em analogia, a abordagem de Soares e Amarante (2022) sobre o Seis Sigma também enfatiza a importância de uma estrutura bem definida para a melhoria contínua, mas com uma ênfase adicional no alinhamento das ações com os objetivos estratégicos da empresa. Os autores destacam ainda a necessidade de envolver todos os colaboradores e alinhar os esforços para garantir que as mudanças sejam sustentáveis a longo prazo. Ambas as abordagens reconhecem a eficácia do DMAIC, mas Soares e Amarante sublinham a importância do envolvimento da equipe no sucesso das iniciativas de melhoria.

Essa ênfase no envolvimento humano dentro do Seis Sigma pode ser relacionada à abordagem de Soares e Amarante (2022), que destaca a importância do engajamento da equipe para o sucesso das iniciativas de melhoria contínua. Ambos os autores concordam que a eficácia dessa metodologia depende não apenas das ferramentas utilizadas, mas também do comprometimento e capacitação dos colaboradores, além da necessidade de garantir que as melhorias sejam sustentadas ao longo do tempo. Os autores concordam que a capacitação e o treinamento são fundamentais para o sucesso do Seis Sigma.

Soares e Amarante (2022) discutem a gestão de produção com um foco particular na competitividade e eficiência operacional. Eles argumentam que, em um ambiente empresarial moderno e altamente competitivo, a aplicação da metodologia *Lean Seis Sigma* é crucial para reduzir custos, eliminar desperdícios e melhorar a produtividade. O ciclo DMAIC é central na estruturação dessas melhorias, permitindo que as empresas mapeiem processos detalhadamente, identifiquem gargalos e implementem soluções de maneira sistemática.

Assim, a gestão de produção apresentada por Soares e Amarante vai além das práticas tradicionais, propondo uma integração mais profunda entre a otimização operacional e o controle de qualidade, algo que é essencial para manter a competitividade em mercados exigentes. A abordagem deles está alinhada com a visão de Jordão (2022) e Cruz (2021), que também veem o *Lean Seis Sigma* como uma ferramenta não apenas de eficiência, mas de transformação organizacional, o que é crucial para o sucesso contínuo em ambientes industriais complexos.

2.2 LEAN SEIS SIGMA

Conforme Jordão (2022), a metodologia *Lean Seis Sigma* combina os princípios do *Lean Manufacturing* e do Seis Sigma para promover a melhoria contínua dos processos empresariais. Essa abordagem é especialmente eficaz na eliminação de desperdícios e na redução de variações, utilizando ferramentas específicas para cada objetivo. No contexto de uma indústria química, a aplicação do *Lean Seis Sigma* visa aumentar a eficiência do sistema de gestão integrada (SGI), resultando em uma maior satisfação dos clientes e na melhoria dos resultados financeiros. Jordão destaca o DMAIC como o método estruturado que guia a implementação de projetos de melhoria. Cada fase do DMAIC tem um papel crucial, desde a identificação de problemas e coleta de dados até a aplicação de soluções e controle das melhorias ao longo do tempo.

De acordo com Jordão (2022), uma das principais ferramentas utilizadas no *Lean Seis Sigma* é a matriz SIPOC, que auxilia na visualização dos elementos principais de um processo e na identificação de possíveis pontos de melhoria. Além disso, o mapeamento do fluxo de valor (MFV) é outra ferramenta essencial que ajuda a identificar atividades que não agregam valor, propondo um estado futuro mais eficiente para o processo. A implementação do *Lean Seis Sigma* em uma indústria química resultou em reduções significativas no número de não conformidades (NCs) e na otimização dos processos, com destaque para a diminuição das pendências e das NCs provenientes de auditorias internas. Essas melhorias refletem a eficácia da metodologia na otimização dos processos e na melhoria dos resultados operacionais.

Relacionando essa perspectiva com a abordagem de Tampubolon e Purba (2021), observa-se que os autores destacam a eficácia da metodologia *Lean Seis Sigma* na melhoria dos processos e na competitividade empresarial. Enquanto Jordão (2022) enfoca a aplicação da metodologia em uma indústria química específica, Tampubolon e Purba (2021) abordam a implementação do *Lean Seis Sigma* (LSS) em uma variedade de setores industriais, destacando sua capacidade de eliminar desperdícios, reduzir a variabilidade dos processos e aumentar a satisfação dos clientes. Ambos os textos concordam que a metodologia é eficaz na melhoria da performance e dos resultados financeiros, mas Tampubolon e Purba também exploram os obstáculos comuns à implementação do LSS, como a falta de

comprometimento da alta administração e a comunicação inadequada, que podem limitar o sucesso dessa abordagem.

Jordão (2022) também menciona que a sistematização dos processos é um dos principais benefícios da aplicação do Lean Seis Sigma, destacando como o mapeamento do estado atual e a projeção de um estado futuro mais eficiente permitiram otimizar as etapas de abertura e criação de NCs. Essa sistematização resultou não apenas em uma melhoria da eficiência operacional, mas também em maior transparência e controle sobre os processos, promovendo uma interação mais eficaz entre a liderança e o setor de SGI. A autora enfatiza que essa maior interação é crucial para garantir o sucesso das iniciativas de melhoria, pois facilita o alinhamento dos objetivos organizacionais com as ações do setor e fortalece a cultura de qualidade na organização.

Em consonância com essa visão, Tampubolon e Purba (2021) também destacam a importância da sistematização e da criação de um fluxo contínuo nos processos, alinhando a produção com as necessidades do cliente e eliminando desperdícios. Eles discutem como os princípios do *Lean*, quando aplicados em conjunto com o Seis Sigma, podem criar um impacto significativo na eficiência empresarial, na redução dos tempos de ciclo, e na competitividade geral da empresa.

Os resultados claros obtidos pelas empresas levaram o mercado a reconhecer a necessidade de um controle objetivo da variabilidade do processo, visando uma maior eficiência na produção (Silva *et al.* 2021). A análise estatística do processo emerge como uma maneira precisa, segura e rápida de realizar esse estudo.

Por fim, Jordão (2022) conclui que a aplicação do *Lean* Seis Sigma em uma indústria química demonstrou ser uma estratégia eficaz para a melhoria do sistema de gestão integrada, com resultados evidentes na redução de desperdícios, aumento da eficiência dos processos, e melhoria da qualidade dos produtos e serviços oferecidos. Ela destaca que a continuidade dessas práticas e a busca constante por inovações são essenciais para manter a competitividade e a excelência operacional da empresa. Essa conclusão reforça a ideia de que o *Lean* Seis Sigma não é apenas uma ferramenta de curto prazo, mas uma abordagem contínua que deve ser integrada na cultura organizacional para alcançar resultados duradouros.

Tampubolon e Purba (2021) compartilham dessa visão, afirmando que, apesar dos desafios inerentes à implementação do LSS, como a falta de treinamento e recursos limitados, a metodologia continua sendo relevante e eficaz para melhorar a performance empresarial e a satisfação do cliente. Eles sugerem que a pesquisa futura deve focar na integração das tecnologias da Indústria 4.0 com o LSS, utilizando técnicas avançadas de análise de dados para aprimorar ainda mais a eficiência e a produtividade dos processos. Assim, enquanto Jordão foca na aplicação prática do *Lean* Seis Sigma em um contexto específico, Tampubolon e Purba expandem a discussão para o futuro da metodologia, destacando sua capacidade de se adaptar e evoluir em resposta às novas demandas tecnológicas e de mercado.

Conforme Cruz (2021), a metodologia *Lean* Seis Sigma (LSS) surge como uma solução eficaz para as limitações encontradas quando as filosofias *Lean* e Seis Sigma são aplicadas isoladamente. O *Lean*, com seu foco na eliminação de desperdícios e no aumento da eficiência, e o Seis Sigma, que se concentra na redução da variabilidade e no controle estatístico dos processos, encontram no LSS uma integração que potencializa os benefícios de ambas as abordagens. Essa combinação é particularmente eficiente na indústria de transformação, onde a complexidade dos processos exige uma abordagem estruturada e abrangente para a resolução de problemas. Cruz destaca o ciclo DMAIC como uma ferramenta central no LSS, oferecendo uma estrutura organizada para implementar melhorias em cada fase do ciclo, desde a definição clara dos problemas até a sustentabilidade das soluções implementadas.

Ainda segundo Cruz (2021), a aplicação do LSS deve ser vista como um processo dinâmico e iterativo, em que a organização deve estar preparada para revisitar fases anteriores do ciclo DMAIC caso novos problemas ou oportunidades de melhoria sejam identificados. Esse caráter iterativo garante que as melhorias sejam contínuas e efetivamente integradas ao dia a dia da organização. Além disso, Cruz enfatiza que um dos principais desafios na implementação do LSS é a necessidade de promover uma mudança cultural dentro da organização. A resistência à mudança, comum em muitas empresas, pode representar uma barreira significativa ao sucesso do LSS, tornando essencial o comprometimento da liderança e o envolvimento de todos os colaboradores na nova cultura de melhoria contínua.

Ao comparar a abordagem de Cruz (2021) com a de Jordão (2022), observa-se que ambos os autores reconhecem a eficácia do *Lean* Seis Sigma na resolução de problemas complexos de produção. Enquanto Jordão (2022) foca na aplicação prática do LSS em uma indústria química específica, Cruz (2021) amplia a discussão para a importância da cultura organizacional na implementação bem-sucedida da metodologia. Jordão (2022) enfatiza o impacto das ferramentas LSS na redução de não conformidades e na melhoria da eficiência operacional, enquanto Cruz (2021) alerta para a necessidade de superar a resistência à mudança e promover uma cultura de colaboração para que o LSS seja realmente eficaz.

Cruz (2021) argumenta ainda que o sucesso do LSS depende não apenas da aplicação técnica das ferramentas e metodologias, mas também da capacidade da organização em fomentar uma cultura de colaboração e aprendizado contínuo. Ele destaca que a metodologia LSS deve ser vista como uma filosofia de gestão que permeia todos os níveis da organização, não apenas como um conjunto de técnicas para resolver problemas pontuais. Essa visão holística é essencial para garantir que as melhorias obtidas com o LSS sejam sustentáveis e que a organização se mantenha competitiva no longo prazo.

Em linha com essa visão, Tampubolon e Purba (2021) também ressaltam a importância de uma abordagem integradora ao aplicar o *Lean* Seis Sigma, destacando que a metodologia é eficaz na melhoria da performance empresarial, mas enfrenta desafios significativos, como a falta de comprometimento da alta administração e a comunicação inadequada. Assim como Cruz, Tampubolon e Purba reconhecem que a implementação bem-sucedida do LSS requer mais do que apenas a aplicação de ferramentas; é necessário um esforço organizacional para superar obstáculos culturais e operacionais. Ambos os autores concordam que, apesar dos desafios, o LSS continua sendo uma abordagem valiosa para aumentar a eficiência e a competitividade das empresas, desde que haja um comprometimento amplo e contínuo em toda a organização.

Em síntese, Jordão (2022) aprofunda-se na aplicação prática do *Lean* Seis Sigma em indústrias químicas, destacando o ciclo DMAIC como uma ferramenta estruturada para guiar a implementação de melhorias. Ela enfatiza a importância de ferramentas como o mapeamento do fluxo de valor e a matriz SIPOC para compreender os processos em profundidade e identificar pontos de melhoria. Jordão argumenta que a sistematização dos processos através dessas ferramentas é

fundamental para reduzir a variabilidade e aumentar a eficiência operacional, especialmente em contextos em que a qualidade do produto acabado é essencial.

Rodrigues (2019) foca na aplicação do *Lean* Seis Sigma na produção de tintas em pó, destacando o Controle Estatístico de Processos (CEP) como uma ferramenta chave para monitorar e controlar a variabilidade no processo produtivo. Ela argumenta que a integração do *Lean* e do Seis Sigma é particularmente eficaz em ambientes onde a rapidez e a qualidade são cruciais, como na produção de tintas, onde a consistência na cor e brilho é vital. Rodrigues também enfatiza que o sucesso da metodologia depende do compromisso organizacional e da cultura de melhoria contínua, algo que precisa ser cultivado em todos os níveis da empresa.

Cruz (2021) acrescenta à discussão a importância da mudança cultural e do envolvimento de todos os colaboradores para o sucesso da implementação do *Lean* Seis Sigma. Ele destaca que o ciclo DMAIC não deve ser visto como um processo linear, mas iterativo, permitindo revisitar e refinar as melhorias conforme novas oportunidades e desafios surgem. Cruz defende que essa metodologia deve ser mais do que um conjunto de ferramentas; ela deve ser uma filosofia de gestão que permeia toda a organização, incentivando a colaboração e o aprendizado contínuo.

Relacionando a perspectiva dos autores, vemos que Jordão e Rodrigues se concentram mais nos aspectos técnicos e operacionais da aplicação do *Lean* Seis Sigma, enquanto Cruz amplia a discussão para incluir aspectos culturais e organizacionais. Essa integração de perspectivas sugere que o sucesso do *Lean* Seis Sigma depende tanto da aplicação eficaz de ferramentas técnicas quanto da capacidade da organização de adotar uma cultura de melhoria contínua e colaboração. Esta abordagem holística é essencial para garantir que as melhorias sejam sustentáveis e que a empresa possa se adaptar continuamente às mudanças no mercado.

2.3 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Conforme Bugor e Lucca Filho (2021), o uso das ferramentas da qualidade no ciclo DMAIC é essencial para apoiar cada etapa do processo, proporcionando uma estrutura lógica e sistemática para resolver problemas complexos. Ferramentas como o diagrama de Ishikawa e o diagrama dos cinco porquês auxiliam na fase de análise, identificando as causas-raiz dos problemas. Dessa forma, a aplicação

dessas ferramentas maximiza a eficácia das iniciativas Lean Seis Sigma, promovendo um ambiente de melhoria contínua e maior competitividade para a organização.

2.3.1 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de espinha de peixe ou diagrama de causa e efeito, é uma ferramenta de qualidade desenvolvida por Kaoru Ishikawa na década de 1960. Segundo Diniz *et al.* (2021), o diagrama de Ishikawa é amplamente utilizado para identificar, organizar e visualizar as possíveis causas de um problema específico, facilitando a análise das suas raízes. O formato do diagrama lembra a estrutura de uma espinha de peixe, com a “cabeça” representando o problema ou efeito principal, e as “espinhas” listando categorias, sendo elas:

- Máquina (*Machine*): refere-se aos equipamentos utilizados no processo. Aqui, são analisados aspectos como falhas, manutenção inadequada, problemas de calibragem ou qualquer defeito mecânico que possa estar causando variações ou defeitos;
- Método (*Method*): trata-se das práticas, procedimentos e instruções seguidos no processo. Erros no método de trabalho, falta de padronização ou o uso de práticas inadequadas podem gerar inconsistências e afetar a qualidade do produto;
- Material (*Material*): envolve os insumos e matérias-primas utilizados no processo. Variabilidade na qualidade dos materiais, uso de materiais fora da especificação ou inadequados para o processo podem ser fontes de problemas;
- Mão de obra (*Manpower*): refere-se ao fator humano, ou seja, as habilidades, o treinamento e o conhecimento dos operadores. Falta de capacitação ou operadores despreparados podem levar a erros operacionais e variações nos resultados.
- Meio ambiente (*Environment*): envolve o ambiente em que o processo ocorre, como temperatura, umidade, iluminação e outros fatores

externos. Variações nas condições ambientais podem afetar diretamente o desempenho das máquinas e a qualidade dos produtos.

- Medida (*Measurement*): está relacionado com os métodos e instrumentos de medição utilizados para monitorar o processo. Ferramentas de medição descalibradas ou métodos de medição inadequados podem gerar dados imprecisos e, conseqüentemente, dificultar a identificação correta das causas dos problemas.

Essa ferramenta é eficaz para equipes de melhoria contínua durante a fase de análise do ciclo DMAIC e é frequentemente utilizada em iniciativas *Lean* Seis Sigma. Ao listar sistematicamente as causas, o diagrama permite que os times identifiquem rapidamente os fatores que contribuem para problemas de qualidade, facilitando a elaboração de planos de ação para resolver as causas-raiz. Isso contribui para um processo mais transparente de identificação e resolução de problemas, ajudando a melhorar a consistência e a qualidade dos processos (Diniz *et al.* 2021).

2.3.2 Diagrama dos cinco porquês

Zoppi e Okada (2019) explicam que a técnica dos 5 Porquês é uma ferramenta simples, mas poderosa para a resolução de problemas, desenvolvida no contexto do Sistema Toyota de Produção por Taiichi Ohno. Seu objetivo é identificar a causa-raiz de um problema por meio de uma série de perguntas sequenciais, que começam com a simples indagação "Por quê?". A ideia central é explorar as causas de maneira iterativa, buscando compreender cada resposta de maneira mais profunda até que se chegue a um nível fundamental de entendimento do problema.

Para utilizar a técnica, é necessário primeiro definir claramente o problema a ser investigado. Em seguida, a equipe de trabalho deve começar a fazer perguntas que iniciem com "Por quê?", sendo que cada resposta obtida servirá como ponto de partida para o próximo "por quê". O número ideal de iterações, geralmente cinco, não é uma regra rígida, mas uma recomendação, visto que em alguns casos menos perguntas são suficientes para alcançar a causa-raiz, enquanto em outros, mais indagações podem ser necessárias. Essa abordagem evita que soluções paliativas sejam aplicadas, pois direciona a análise para a eliminação das causas fundamentais e não apenas dos sintomas do problema.

2.4 PRODUÇÃO DE TINTAS DECORATIVAS

Conforme Teixeira e Araújo (2022), a indústria de tintas desempenha um papel vital em diversos setores, como o têxtil e o automobilístico, cada um com suas próprias especificidades e tecnologias. No setor têxtil, a química das cores é importante, pois a fixação dos pigmentos nas fibras depende de interações físico-químicas complexas. O processo de tingimento deve ser cuidadosamente regulado para garantir a solidez e a igualização, assegurando a qualidade final do produto têxtil. Os autores também abordam a crescente preocupação com o desenvolvimento de tecnologias mais sustentáveis na produção de tintas, refletindo uma busca por alternativas que minimizem os impactos ambientais. Exemplos incluem tintas ecológicas, que têm ganhado destaque na construção civil por utilizarem pigmentos naturais e técnicas de tingimento sem água.

Além disso, Teixeira e Araújo (2022) ressaltam a importância das tintas em indústrias como a alimentícia e a cosmética, onde a segurança e a integridade dos produtos são essenciais. A escolha de corantes seguros e a conformidade com regulamentações, como as da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), são fundamentais para garantir a qualidade e a segurança dos produtos. A aplicação de tintas na indústria automotiva também é enfatizada, com destaque para a durabilidade e resistência das pinturas, que são críticas tanto para a estética quanto para a proteção contra corrosão e outros danos ambientais. A constante evolução das tecnologias de pintura automotiva acompanha as exigências da indústria 4.0, onde a inovação é contínua para atender às demandas do mercado.

Comparando essa visão com a de Sousa (2022), observa-se que, enquanto Teixeira e Araújo (2022) exploram as especificidades da aplicação de tintas em diferentes setores, Sousa (2022) foca na aplicação de metodologias *Lean* para a melhoria contínua dos processos produtivos, incluindo a indústria de tintas. Sousa destaca que a implementação de metodologias *Lean*, como o *Toyota Production System* (TPS), é crucial para aumentar a eficiência, reduzir custos e melhorar a qualidade dos produtos. O TPS, sustentado por pilares como a produção *Just-In-Time* e a autonomia (*Jidoka*), busca eliminar desperdícios e garantir a qualidade dos produtos desde as etapas iniciais de produção. A aplicação dessas metodologias na linha de produção de tintas, especialmente em tintas de base

aquosa, resultou em melhorias significativas na produtividade e na eficiência operacional.

Sousa (2022) identifica várias oportunidades de melhoria através da aplicação de metodologias como 5S, *Standard Work* e *Single Minute Exchange of Die* (SMED), na linha de produção de tintas. O emprego dos 5S (senso de utilização; senso de ordenação; senso de limpeza; senso de padronização e senso de autodisciplina) – metodologia de gestão originada no Japão, que visa a organização e a padronização do ambiente de trabalho – por exemplo, contribuiu para a organização e limpeza dos postos de trabalho, aumentando a eficiência e a segurança no ambiente produtivo. A normalização dos procedimentos de trabalho permitiu reduzir a variabilidade dos processos e aumentar a polivalência dos operadores, resultando em uma maior eficiência na produção. Sousa também destaca a importância do SMED para a redução dos tempos de *setup*, o que aumentou a capacidade produtiva e melhorou os indicadores de performance das máquinas de envase, refletindo diretamente no aumento da produtividade.

A análise de Sousa (2022) complementa a de Teixeira e Araújo (2022) ao demonstrar como a aplicação de metodologias *Lean* pode otimizar processos produtivos na indústria de tintas, aumentando a eficiência e a competitividade. Enquanto Teixeira e Araújo (2022) enfatizam as inovações tecnológicas e as preocupações ambientais que moldam o futuro da indústria de tintas, Sousa (2022) destaca a importância de implementar metodologias de gestão, como o *Lean*, para alcançar a excelência operacional. Ambas as abordagens ressaltam a necessidade de inovação e melhoria contínua para manter a competitividade no mercado, seja através da aplicação de novas tecnologias ou da otimização dos processos produtivos.

Por fim, Sousa (2022) conclui que a aplicação das metodologias *Lean* trouxe melhorias significativas para a linha de produção de tintas de base aquosa, aumentando a produtividade em 14% e melhorando os indicadores de performance e disponibilidade das máquinas de envase. Esses resultados confirmam a eficácia da metodologia *Lean* na eficiência operacional, evidenciando a importância de uma abordagem sistemática e contínua para a melhoria dos processos produtivos. Dessa forma, tanto a visão de Teixeira e Araújo quanto a de Sousa convergem na importância da inovação e da melhoria contínua para garantir a sustentabilidade e a

competitividade na indústria de tintas, seja por meio da introdução de novas tecnologias ou pela aplicação de metodologias de gestão como o *Lean*.

Conforme Oliveira (2024), a aplicação das ferramentas *Lean*, como *Gemba Walk*, *Kaizen*, 5S, 5 Porquês, Diagrama de Ishikawa e *One Point Lessons*, é crucial para identificar as causas de interrupções e implementar soluções eficazes na produção. Essas ferramentas permitem uma análise minuciosa dos processos e a criação de um plano chamado "Plano 0 Paragens *Milk-Run*", que define claramente as responsabilidades da equipe de abastecimento, bem como os horários e rotas de abastecimento. Além disso, o autor menciona que a abordagem *Lean* foi além da eliminação das paradas de máquinas, introduzindo a Recuperação Matemática para a gestão de sobras de tinta, um processo inovador que permitiu a reutilização de tintas para a produção de novas, promovendo uma gestão sustentável e econômica dos recursos.

Ainda segundo Oliveira (2024), a implementação dessas ações resultou em uma tendência de redução das paradas de máquinas ao longo do tempo, com a expectativa de alcançar zero paradas, ressaltando a importância da continuidade das práticas de melhoria contínua e da manutenção de auditorias regulares para garantir a sustentabilidade dos resultados. A colaboração entre diferentes equipes dentro da fábrica foi fundamental para o sucesso do projeto, promovendo uma cultura de colaboração e inovação. Assim, Oliveira conclui que a aplicação das metodologias *Lean* trouxe melhorias significativas na eficiência operacional e na sustentabilidade de uma fábrica de cartão canelado, destacando a importância de adaptar continuamente as práticas para manter e expandir os benefícios alcançados.

Comparando essa visão com a de Rodrigues (2019), observa-se que ambos os autores reconhecem a eficácia das metodologias *Lean*, mas Rodrigues enfoca a combinação das práticas *Lean* com o Seis Sigma, formando a metodologia *Lean Seis Sigma*, que visa não apenas a eliminação de desperdícios, mas também a redução da variabilidade nos processos. Rodrigues destaca que a indústria de tintas em pó, onde a consistência e qualidade dos produtos são cruciais, se beneficia significativamente da aplicação dessas metodologias. O controle preciso das variáveis de processo, apoiado pelo Controle Estatístico de Processos (CEP), permite a detecção e correção de problemas antes que eles causem produtos não conformes, minimizando assim custos com retrabalho e desperdício.

Rodrigues (2019) também aborda a necessidade de um compromisso organizacional significativo para a implementação bem-sucedida do *Lean Seis Sigma*, incluindo o treinamento adequado dos funcionários e a promoção de uma cultura de melhoria contínua. Além disso, a autora ressalta a importância de técnicas como o *Design de Experimentos* (DoE) para otimizar os parâmetros de produção e garantir que o processo atinja níveis ótimos de eficiência e qualidade. A integração das metodologias *Lean* e *Seis Sigma* é vista como particularmente eficaz em ambientes onde a rapidez e a qualidade são essenciais, como na produção de revestimentos industriais. Rodrigues conclui que, com uma aplicação estratégica, o *Lean Seis Sigma* pode transformar a eficiência e competitividade de uma unidade de produção, garantindo que os produtos atendam às crescentes exigências do mercado.

Enquanto Oliveira (2024) foca na aplicação de ferramentas *Lean* para eliminar paradas de máquinas e promover a sustentabilidade através da recuperação de sobras de tinta, Rodrigues (2019) enfatiza a necessidade de combinar *Lean* com *Seis Sigma* para não só eliminar desperdícios, mas também controlar a variabilidade e otimizar os processos produtivos. Ambos os autores concordam na importância de uma cultura de melhoria contínua e na colaboração entre equipes, mas Rodrigues vai além ao sugerir que a eficácia do *Lean Seis Sigma* depende de um compromisso organizacional profundo e de uma integração cuidadosa das melhorias ao longo do tempo. Assim, as visões se complementam, com Oliveira destacando inovações específicas na indústria de tintas e Rodrigues sublinhando a importância da robustez metodológica para a transformação operacional.

Conforme Mahboob Al Bashar, Md Abu Taher e Fatema Tuz Johura (2019), a indústria de tintas moderna enfrenta desafios significativos ao tentar garantir controle de qualidade e melhoria contínua nos processos produtivos. A crescente demanda por produtos de alta qualidade e sustentáveis coloca pressão sobre o setor para adotar padrões rigorosos, essenciais para manter a competitividade no mercado global. Neste contexto, o controle de qualidade se estende desde a inspeção das matérias-primas, como pigmentos, resinas e solventes, até a avaliação final dos produtos, assegurando que estes atendam tanto aos requisitos regulatórios quanto às expectativas dos clientes. A inspeção rigorosa das matérias-primas é fundamental para garantir a pureza e consistência necessárias no processo de produção, enquanto testes em processo ajudam a verificar fatores críticos como

viscosidade, consistência da cor e tempo de secagem, permitindo a correção de desvios antes que afetem o produto acabado.

Além disso, Bashar, Taher e Johura (2019) destacam a importância dos testes no produto acabado, que avaliam a durabilidade, adesão, brilho e resistência ambiental, garantindo a consistência entre lotes. Esta consistência é importante para manter a qualidade e o desempenho do produto em diferentes produções. Para isso, a indústria utiliza ferramentas de Controle Estatístico de Processos (CEP), que monitoram e controlam a produção para assegurar a conformidade com os padrões estabelecidos. A aplicação de estratégias de manufatura enxuta, como o método 5S, Kaizen e a produção *Just-In-Time* (JIT), é outra abordagem essencial mencionada pelos autores, que visa otimizar operações e reduzir desperdícios. A integração de automação moderna e tecnologias como a Internet das Coisas (IoT) e os conceitos da Indústria 4.0 permite um monitoramento em tempo real e manutenção preditiva, reduzindo o tempo de inatividade e aumentando a produtividade.

Comparando essa abordagem com a de Oliveira (2024), observamos que ambos os autores valorizam a importância do controle de qualidade e a implementação de metodologias *Lean* para otimizar os processos produtivos. Enquanto Bashar, Taher e Johura (2019) se concentram na inspeção rigorosa e no uso de tecnologias modernas para garantir a qualidade e a consistência dos produtos na indústria de tintas, Oliveira (2024) foca na aplicação específica de ferramentas *Lean*, como *Gemba Walk*, *Kaizen*, 5S e Recuperação Matemática, para melhorar a eficiência e reduzir as paradas de máquinas em uma fábrica de cartão canelado. Ambos os textos concordam que a melhoria contínua e a inovação tecnológica são essenciais para a sustentabilidade e competitividade no mercado, mas Oliveira destaca também a importância da recuperação de sobras de tinta como uma prática sustentável, o que adiciona uma dimensão ecológica à gestão dos processos produtivos.

Por fim, Bashar, Taher e Johura (2019) concluem que alcançar a excelência no setor de tintas requer um equilíbrio entre controle de qualidade, melhoria de processos e pesquisa e desenvolvimento (P&D). Investimentos em P&D são considerados cruciais para o desenvolvimento de novas fórmulas de tintas que atendam às demandas ambientais e regulatórias, como tintas com baixo teor de compostos orgânicos voláteis (COVs) e tintas ecológicas. O feedback dos clientes é valioso para identificar áreas de melhoria e impulsionar a inovação. Metodologias

como o Seis Sigma, Gestão da Qualidade Total (TQM), CEP e Análise de Causa Raiz (RCA) são aplicadas para abordar problemas e otimizar processos de maneira sistemática. Assim, as empresas que conseguem integrar essas práticas em sua cultura organizacional tendem a garantir maior qualidade nos produtos, otimização dos processos e satisfação contínua dos clientes.

Em contraste, Rodrigues (2019) também valoriza a combinação das metodologias *Lean* e Seis Sigma, mas sua ênfase está na aplicação dessas ferramentas para reduzir variabilidade e melhorar a qualidade em ambientes industriais, como na produção de tintas em pó. Rodrigues destaca o Controle Estatístico de Processos (CEP) e o Planejamento de Experimentos (DoE) como técnicas para monitorar e controlar a produção, assegurando que os produtos atendam aos rigorosos padrões de qualidade e eficiência. A implementação dessas metodologias requer um compromisso organizacional profundo, incluindo treinamento adequado e uma cultura de melhoria contínua. Portanto, enquanto Bashar, Taher e Johura (2019) sublinham a importância de P&D e o *feedback* dos clientes como motores de inovação e qualidade, Rodrigues (2019) foca mais na robustez metodológica e na integração cuidadosa das melhorias ao longo do tempo para transformar a eficiência e competitividade das unidades de produção.

Em síntese, Sousa (2022) explora a aplicação do conceito *Lean* na linha de produção de tintas decorativas, destacando a importância de metodologias como o 5S, *Standard Work* e SMED (*Single Minute Exchange of Die*) para aumentar a eficiência e reduzir a variabilidade. Ele discute como a implementação do *Lean* permitiu melhorias significativas na produtividade e na organização do ambiente de trabalho, o que impactou diretamente na qualidade dos produtos e na redução de custos operacionais. O autor argumenta ainda que a normalização dos procedimentos de trabalho e a redução dos tempos de setup são cruciais para aumentar a capacidade produtiva e garantir a consistência dos produtos.

Oliveira (2024) complementa essa visão ao focar na implementação do *Gemba Walk* e do *Kaizen*, para identificar e solucionar problemas de interrupções na produção. Ele destaca a introdução da Recuperação Matemática, que permitiu a reutilização de sobras de tinta, promovendo uma gestão mais sustentável e econômica dos recursos. O autor também enfatiza a importância da colaboração entre diferentes equipes dentro da fábrica para o sucesso do projeto, sugerindo que

a integração das práticas de melhoria contínua não apenas melhorou a eficiência operacional, mas também fomentou uma cultura de colaboração e inovação.

Rodrigues (2019) discute a aplicação do *Lean* Seis Sigma especificamente na produção de tintas em pó, destacando como o Controle Estatístico de Processos (CEP) e o *Design* de Experimentos (DoE) podem ser usados para otimizar os parâmetros de produção e reduzir a variabilidade. Ela argumenta que o *Lean* Seis Sigma não só melhora a eficiência e qualidade dos produtos, mas também permite à empresa manter-se competitiva em um mercado em constante evolução. Rodrigues sublinha a importância do compromisso organizacional para garantir que as melhorias sejam mantidas a longo prazo, algo que é essencial para a sustentabilidade das operações.

Em analogia, verifica-se que Sousa (2022) e Oliveira (2024) focam na aplicação das ferramentas *Lean* para melhorar a eficiência e sustentabilidade na produção de tintas decorativas, enquanto Rodrigues (2019) amplia essa abordagem ao integrar o *Lean* com o Seis Sigma para reduzir variabilidade e garantir a qualidade. A comparação revela que, embora todas as abordagens estejam alinhadas em seus objetivos de otimização e eficiência, a integração do *Lean* com o Seis Sigma, como discutido por Rodrigues, oferece uma estratégia mais abrangente e robusta para enfrentar os desafios da produção industrial.

2.5 ESTADO DA ARTE

A aplicação da metodologia *Lean* Seis Sigma, combinada com o uso de ferramentas da qualidade, tem sido amplamente explorada em estudos e projetos com resultados positivos no setor industrial. Diversos trabalhos desenvolvidos anteriormente proporcionam uma base sólida para a escolha metodológica e estratégica adotada neste estudo de caso, evidenciando a eficácia do *Lean* Seis Sigma na eliminação de desperdícios, aumento da eficiência operacional e redução de variabilidade dos processos.

Um exemplo relevante é o projeto de aplicação da metodologia *Lean* Seis Sigma em uma unidade de produção de tintas em pó, desenvolvido por Rodrigues (2019). Este estudo focou na eliminação de desperdícios e no aumento da eficiência do processo produtivo, por meio de uma análise detalhada dos tempos de setup e do balanceamento das linhas de produção. A implementação das melhorias

possibilitou um aumento de 3 pontos percentuais no OEE (*Overall Equipment Effectiveness*, ou Eficiência Global do Equipamento) da linha de produção, além de refletir um retorno financeiro de 0,8% dos custos gerais de fabricação, demonstrando a robustez e os benefícios da metodologia aplicada.

Outro exemplo é o trabalho realizado por Mineto e Cardoso (2019), que utilizou a ferramenta Mapa de Fluxo de Valor para otimizar o processo de envase em uma indústria de tintas e resinas. A pesquisa identificou pontos de melhoria na máquina "02 AirTec" e empregou outras ferramentas de qualidade, como o Diagrama de Pareto e o Diagrama de Ishikawa. O resultado foi um aumento significativo na produtividade, com o OEE passando de 57,3% para 71,8%, e a capacidade produtiva mensal aumentando de 204.000 gl/mês para 259.200 gl/mês. Esses resultados corroboram a eficácia do uso de ferramentas da qualidade na identificação e eliminação de gargalos e desperdícios nos processos.

Além disso, o estudo de Nascimento Junior *et al.* (2019), apresentou um caso de sucesso na aplicação do *Lean* Seis Sigma por meio da implementação de um sistema Kanban em uma indústria de tintas imobiliárias. O projeto teve como foco a logística de apoio à produção, que era identificada como um gargalo no sistema fabril devido ao crescimento recente da empresa. A implementação do sistema Kanban resultou em uma economia de aproximadamente 50% nos custos de estoque e redução de área utilizada em 60m², além de economias significativas em máquinas, equipamentos e mão de obra.

Esses trabalhos indicam que a metodologia *Lean* Seis Sigma, apoiada pelas ferramentas da qualidade, já possui um embasamento consolidado na literatura e diversos casos de sucesso no setor de manufatura. A influência desses projetos no desenvolvimento do presente estudo de caso é evidente, uma vez que os resultados obtidos anteriormente serviram como referência e motivação para a aplicação de abordagens semelhantes neste trabalho. A combinação do *Lean* Seis Sigma com as ferramentas de qualidade no ciclo DMAIC continua a se provar uma estratégia eficiente e sustentável para a melhoria de processos, aumento de competitividade e otimização de recursos nas mais diversas indústrias.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada nesta monografia envolveu inicialmente a realização de uma revisão da literatura, com o objetivo de compreender os fundamentos e as aplicações da metodologia Lean Seis Sigma na indústria de produção de tintas decorativas. A revisão buscou identificar as melhores práticas, ferramentas e resultados obtidos por outros estudos na implementação dessa metodologia, proporcionando uma base teórica sólida para a pesquisa.

Em seguida, foi implantado um estudo de caso, aplicado a uma fábrica de tintas decorativas localizada em Recife, Brasil.

O caráter exploratório do estudo possibilitou a identificação de variáveis críticas que influenciam a eficiência e a qualidade dos processos produtivos, assim como a proposição de melhorias específicas para a fábrica em questão. A análise dos dados foi realizada utilizando ferramentas estatísticas e técnicas de análise qualitativa, com o objetivo de validar as hipóteses levantadas e mensurar os impactos das intervenções realizadas ao longo do projeto.

3.1 ELABORAÇÃO DO PROJETO

Foi realizado um projeto, cujo objetivo central foi abordar e reduzir as variações de volume nas linhas de enchimento de uma fábrica de tintas e revestimentos localizada em Recife, Brasil. Essas variações, que superavam 1%, eram vistas como um problema crítico que impactava diretamente a percepção de qualidade do produto pelo cliente e aumentava os custos operacionais da empresa.

A motivação para este projeto surgiu da necessidade de garantir que os produtos entregues aos clientes estivessem dentro das especificações de volume exigidas, conforme estabelecido pela legislação local, em especial pela Portaria 248 do INMETRO. Uma variação significativa no volume dos produtos poderia comprometer a satisfação dos clientes, resultando em reclamações, perdas financeiras e possíveis penalidades regulatórias. Além disso, a redução dessas variações era vista como uma oportunidade para melhorar a eficiência operacional da fábrica, diminuindo o desperdício e, conseqüentemente, os custos variáveis de manufatura (VMC).

Sendo assim, foram organizadas as etapas do projeto, que estão apresentadas na Figura 1.

Figura 1: Etapas do projeto

Projetos Lean Seis Sigma (L6S) em 14 etapas

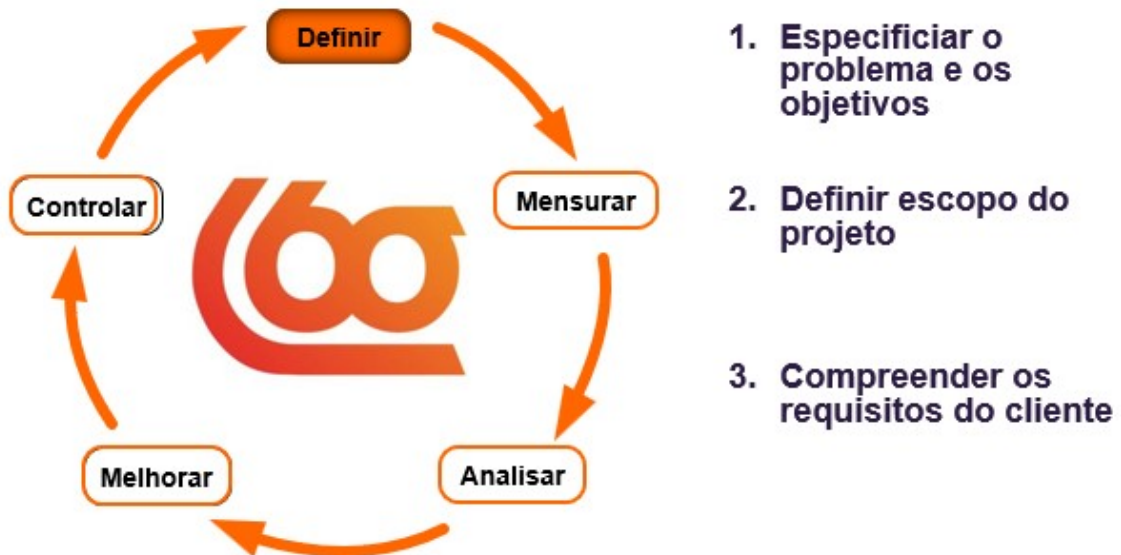


Fonte: a Autora (2024).

Foi realizada inicialmente a definição do problema, conforme destacado na Figura 2.

Figura 2: Definição do problema

Definir: Qual é o problema



Fonte: a Autora (2024).

Após definição do problema foi elaborado o Termo de Abertura do Projeto, no qual foram listadas informações referentes à equipe responsável pelo projeto com

suas funções determinadas, o escopo inicial e a meta a ser alcançada, os fatores críticos e métricas para obtenção do sucesso, os benefícios para empresa e a duração estimada para conclusão do projeto. De posse das informações do termo foi elaborado um mapa SIPOC (acrônimo para Fornecedores, Entradas, Processos, Saídas e Clientes), fundamental na compreensão e mapeamento de um processo. O SIPOC serve como um quadro visual que ajuda a equipe do projeto a enxergar o processo de uma forma holística, desde o seu início, com os fornecedores que fornecem as entradas necessárias, passando pelas atividades internas do processo, até a entrega final ao cliente. De posse do mapa SIPOC, deu-se prosseguimento com a elaboração do mapa detalhado do processo.

3.2 ANÁLISE DE DADOS

De posse das informações sobre o processo, quais as etapas mais importantes e o que acontece em cada uma delas, passou-se a análise dos dados, que culminou na elaboração de um diagrama de Ishikawa, também conhecido como diagrama de causa e efeito. Neste diagrama foram analisadas 6 categorias, conhecidas como 6M, sendo elas, máquinas, método, material, mão de obra, meio ambiente e medida.

As 6 categorias referem-se aos principais fatores que podem impactar no processo produtivo e são amplamente utilizadas em ferramentas de qualidade, como o diagrama de Ishikawa (utilizado no presente trabalho). A partir de tais categorias, é possível identificar e organizar as possíveis causas de um problema ou variação em um processo.

3.3 MELHORIA

Uma vez validadas as principais causas, deu-se início à fase de melhoria. Ela foi baseada no resultado da fase anterior de análise de dados. Essa etapa foi dividida em duas fases, onde a primeira concentrou o foco na resolução do subenchimento das máquinas de 18L, ao corrigir o erro na planilha de cálculo de pesos, aplicando uma nova planilha com um sistema à prova de erros (*poka-yoke*) e na substituição da máquina SERAC, cuja tecnologia de pesagem se encontrava

obsoleta, substituindo por um sistema mais preciso. Já a segunda fase consistiu na redução da variabilidade do processo de enchimento na linha de 18L Prodismaq, empregando-se a técnica dos 5 Porquês que permitiu identificar o motivo principal dessa instabilidade no processo que estava relacionado com o tempo de enchimento do bocal 2 da máquina que era maior que os dos outros bocais.

3.3.1 Análise da capacidade do processo – histograma

A construção do histograma começou com a coleta dos dados referentes ao volume dos recipientes preenchidos ao longo do processo produtivo. Esses dados foram agrupados em intervalos, conhecidos como classes, que representavam as diferentes faixas de valores observados nas medições de volume. Cada classe continha a frequência de ocorrências de volumes dentro daquela faixa, o que permitiu visualizar a distribuição dos dados por meio de um gráfico de barras. Esse gráfico, o histograma, teve o eixo X representando os intervalos de volume e o eixo Y mostrando a frequência de cada intervalo.

A análise da capacidade do processo foi conduzida após a construção do histograma, com o objetivo de verificar se o processo de enchimento estava operando dentro dos limites de especificação definidos pela empresa. Para isso, foram utilizados dois indicadores principais: o C_p e o C_{pk} . O índice C_p mediu a capacidade potencial do processo, ou seja, sua habilidade de se manter dentro dos limites especificados, considerando que o processo fosse perfeitamente centrado. Esse índice indicou se o processo, de maneira geral, tinha a variabilidade controlada. Já o índice C_{pk} foi utilizado para avaliar a capacidade real do processo, levando em conta tanto a variabilidade quanto o quão centralizado o processo estava em relação aos limites de especificação.

O objetivo da análise de capacidade foi garantir que os índices de capacidade, C_p e C_{pk} , estivessem em níveis aceitáveis, o que indicaria que o processo era capaz de produzir consistentemente dentro das especificações de volume. Ao final da análise, o processo foi ajustado para minimizar as variabilidades e garantir maior precisão no volume preenchido em cada embalagem, visando a satisfação do cliente e a conformidade com as normas regulatórias.

3.4 ELABORAÇÃO DO PLANO DE AÇÃO

A elaboração do plano de ação seguiu uma metodologia estruturada e focada na resolução de problemas críticos identificados durante a análise do processo de produção de tintas decorativas. Inicialmente, após a fase de análise de dados e identificação das principais causas dos problemas no processo, foram realizadas reuniões com a equipe de produção e outros departamentos envolvidos, como qualidade e manutenção, para garantir uma visão integrada de todas as etapas do processo.

Com base nessas discussões, foram definidos os objetivos do plano de ação, visando a redução das variações de volume nas linhas de enchimento e a melhoria da eficiência operacional. Em seguida, foram priorizadas as causas mais impactantes, conforme identificadas no diagrama de causa e efeito e em outras ferramentas de análise. A partir dessa priorização, as ações corretivas foram detalhadas em termos de atividades específicas, prazos de execução, responsáveis e indicadores de desempenho.

O plano de ação incluiu intervenções e elaboração de procedimentos de monitoramento contínuo para garantir que as melhorias implementadas fossem sustentáveis a longo prazo. As ações propostas foram organizadas em etapas, cada uma com metas claras e cronogramas, de forma que a implementação pudesse ser acompanhada e ajustada conforme necessário.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 EXECUÇÃO DO PROJETO

Em termos específicos, o projeto elaborado visou reduzir em 30% a variação de volume nas linhas de enchimento que são cruciais para a fábrica, uma vez que essas linhas eram responsáveis por 90% das receitas. O foco estava nas linhas de enchimento para embalagens de 3,6 e 18 L, que apresentavam variações que comprometiam a qualidade do produto acabado. Com isso, o projeto não só buscava atender às expectativas dos clientes e às normas regulatórias, mas também melhorar a competitividade da empresa ao otimizar processos e reduzir custos. O sucesso deste projeto foi medido pela diminuição das variações de volume, resultando em uma melhoria no índice de satisfação do cliente e em uma redução significativa dos custos operacionais.

Nesta etapa inicial, o foco foi entender as necessidades e expectativas dos clientes. Isso inclui identificar o que é mais importante para o cliente (a chamada Voz do Cliente ou VOC) e traduzir essas necessidades em requisitos específicos que o processo deve atender. Compreender o cliente garante que o projeto esteja alinhado com as expectativas e que os resultados sejam percebidos como valiosos. Para tanto, foi criado o termo de abertura do projeto, conforme pode ser observado na Figura 3.

Figura 3: Termo de abertura do projeto

Problema analisado: O que: grande variação no volume das linhas de envase (> 1%) Por que: garantir a satisfação do cliente e reduzir custos, mantendo a excelência operacional Impacto: satisfação do cliente e custo variável	Declaração de meta: • Reduzir em 30% as variações de volume nas linhas de envase WB (3,6 e 18 litros)
Escopo do projeto: Global Local • Recife / Brasil Organização: • Tintas e revestimentos Processo: • Fabricação As três linhas de envase em WB (Serac (3,6 L), Prodismaq (18 L) e Gravimétrica (18 L)) são responsáveis por 90% das receitas	Fatores críticos de sucesso e pressupostos: Pressupostos: Considerar a legislação local aplicável Fatores Críticos de Sucesso (FCS): Equipe de processo, manutenção e investimento
	Benefício para o Negócio e Métricas: Métrica Primária: Variação do volume dentro das latas Métrica Secundária: Cp & Cpk e Perda de Rendimento (%) Benefício: Satisfação do cliente e redução do Custo Variável de Manufatura (VMC) Tipo de Benefício: Melhoria da Qualidade e Eficiência Duração Estimada do Projeto: 15 meses

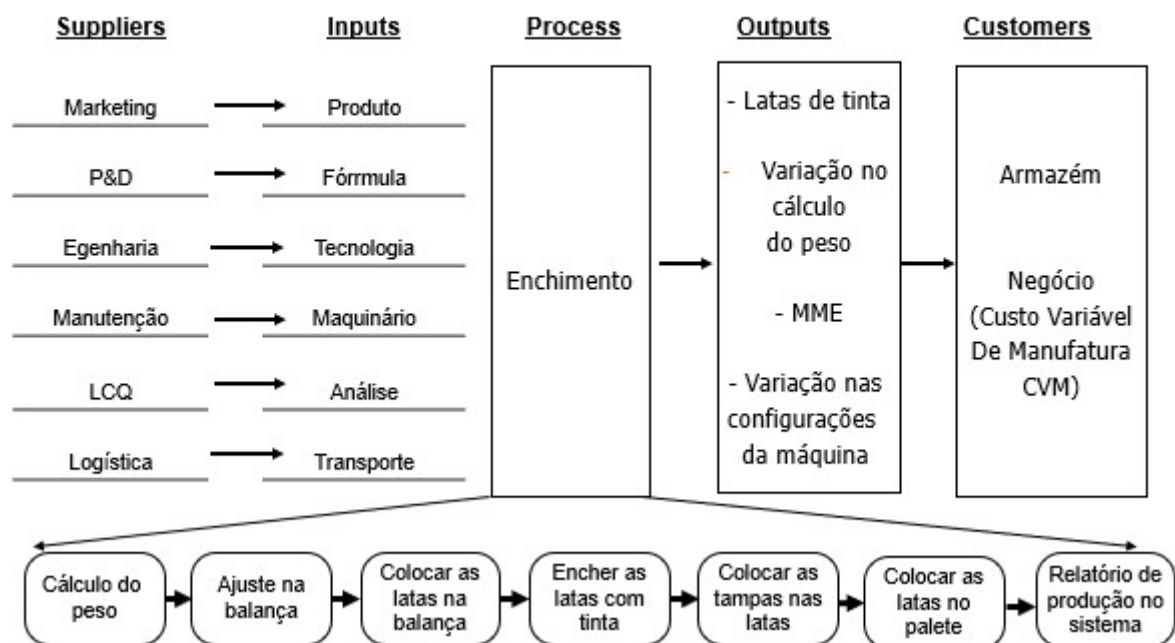
Fonte: a Autora (2024).

Observando a Figura 3, tem-se que este documento é essencial para garantir que todos os envolvidos tenham uma compreensão comum dos objetivos do projeto e dos parâmetros dentro dos quais ele será executado. É uma espécie de "contrato" entre a equipe do projeto e os patrocinadores.

Na sequência foi o mapa SIPOC, conforme detalhado na Figura 4.

Figura 4: Mapa SIPOC para processo de enchimento.

SIPOC



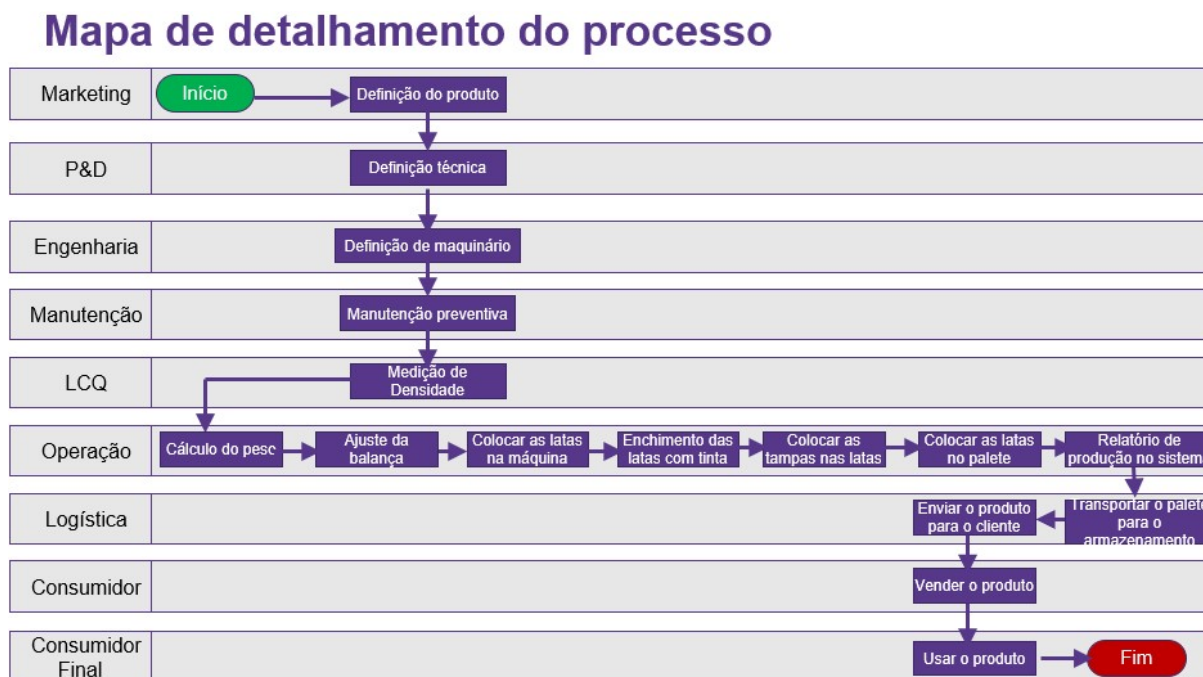
Fonte: a Autora (2024).

Ao criar o mapa SIPOC apresentado na Figura 5, a equipe pôde identificar claramente cada componente do processo. Primeiramente, foram listados os fornecedores (*Suppliers*), que são as fontes de todos os insumos e materiais necessários para que o processo funcione. Em seguida, as entradas (*Inputs*) que esses fornecedores fornecem foram detalhadas, como matérias-primas, informações ou outros recursos que são essenciais para a operação do processo.

O próximo passo no SIPOC consistiu na identificação do próprio processo (*Process*), onde foram descritas as principais etapas ou atividades que transformam as entradas em saídas. Essa etapa é necessária para entender como o trabalho é realizado e onde podem ocorrer variações ou ineficiências. A seguir, foram definidas as saídas (*Outputs*) do processo, que são os produtos, serviços ou resultados

gerados pelo processo. Essas saídas devem atender às necessidades dos clientes ou *stakeholders* finais. Uma vez elaborado o mapa SIPOC, foi definido o mapa detalhado do processo.

Figura 5: Mapa de detalhamento do processo de enchimento.



Fonte: a Autora (2024).

Conforme pode ser observado na Figura 5, o processo começa no departamento de *Marketing*, onde ocorre a definição do produto. Isso indica que as necessidades do mercado e as expectativas dos clientes são consideradas desde o início. A definição do produto serve como base para as próximas etapas de desenvolvimento e fabricação. A etapa seguinte é conduzida pelo departamento de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), responsável pela definição técnica do produto. Nessa fase, as especificações do produto são detalhadas, garantindo que ele atenda aos requisitos estabelecidos pelo marketing e pelos padrões de qualidade da empresa.

Depois que o desenvolvimento técnico é concluído, o processo segue para o setor de Engenharia, onde ocorre a definição das máquinas necessárias para a produção. Em seguida, o departamento de Manutenção realiza a manutenção preventiva das máquinas, assegurando que todo o equipamento esteja em condições adequadas para operar de forma eficiente, minimizando o risco de falhas durante a produção. O Laboratório de Controle de Qualidade (LCQ) também

desempenha um papel fundamental nessa fase ao medir a densidade dos materiais, garantindo que os parâmetros de qualidade sejam atendidos antes de avançar para a produção em massa. Esse controle de qualidade é crucial para assegurar a consistência e a qualidade do produto.

Ainda analisando a Figura 5, constata-se que a maior parte do fluxo ocorre na Operação, onde várias etapas críticas são realizadas. O processo de produção inclui o cálculo do peso, que é fundamental para assegurar que a quantidade correta de material seja usada em cada lote, e o ajuste da balança, que garante que as medidas sejam precisas, prevenindo variações que possam comprometer a qualidade do produto. Outras etapas importantes incluem a colocação das latas na máquina, o enchimento com tinta, a colocação das tampas nas latas, o empilhamento em paletes e, finalmente, o registro dos dados de produção no sistema. Essa última etapa é vital para permitir o rastreamento e a análise posterior do desempenho do processo.

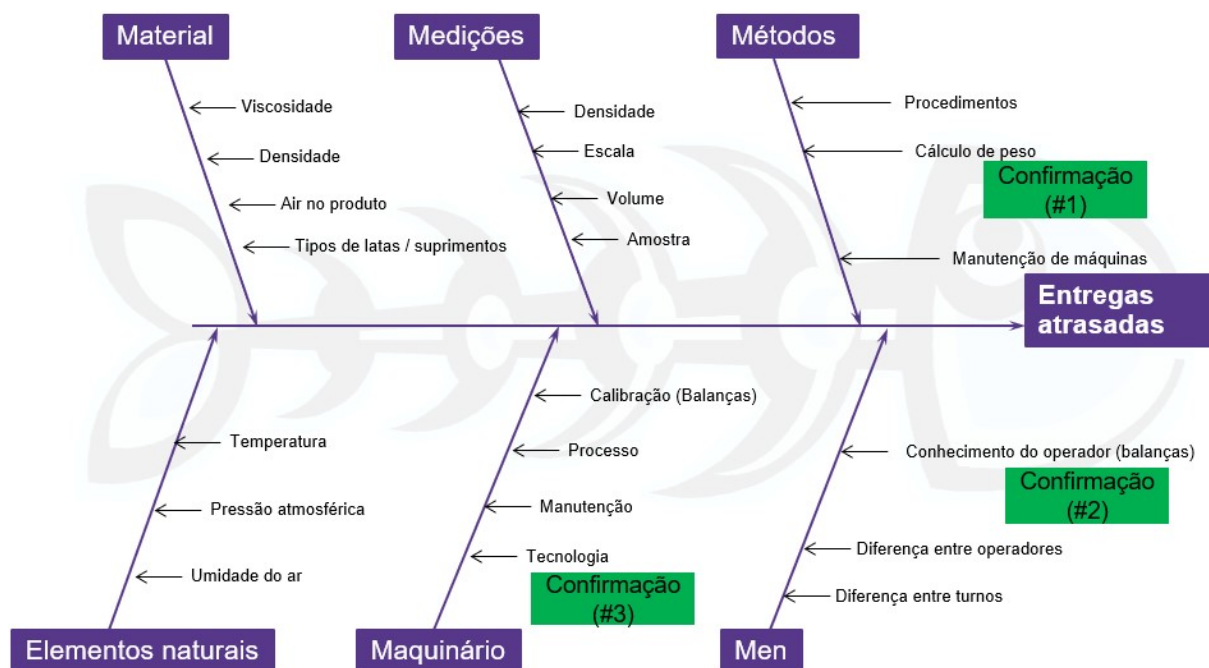
Finalizando a análise da Figura 6 tem-se que após a produção, o produto segue para o departamento de logística, onde é preparado para ser enviado ao cliente. Esse fluxo demonstra a importância da coordenação entre produção e logística para garantir que os produtos cheguem aos clientes de forma eficiente e em boas condições. O processo finaliza com o cliente recebendo o produto, que é então vendido e utilizado. Esse ciclo completo, desde a definição do produto até seu uso final, reflete a importância de cada etapa para garantir a satisfação do cliente e a qualidade do produto.

Este mapa detalhado do processo evidencia a interdependência das diversas funções dentro da organização para alcançar os resultados desejados. Cada etapa desempenha um papel essencial para assegurar que o produto atenda aos padrões de qualidade, custo e prazo. O diagrama também foi útil para identificar possíveis áreas de melhoria, como a otimização do fluxo entre diferentes departamentos, o fortalecimento do controle de qualidade, ou a automação de algumas das etapas operacionais. Assim, o mapa forneceu uma base sólida para a análise contínua e a melhoria do processo, garantindo que a empresa possa responder de maneira eficaz às demandas do mercado e às expectativas dos clientes.

4.2 ANÁLISE DE DADOS

Como mencionado no item 3.2, após compreendido o processo, suas etapas e funcionamento, passou-se a avaliar os dados obtidos. Isto foi feito através da construção do digrama de Ishikawa (Figura 6).

Figura 6: Diagrama de Ishikawa



Fonte: a Autora (2024).

Analisando a Figura 6, verifica-se que na categoria de Materiais, são listados fatores que podem influenciar as entregas atrasadas devido à qualidade ou variação dos materiais usados no processo. A viscosidade e a densidade do material foram mencionadas, o que sugere que a consistência do material pode afetar o tempo necessário para processá-lo ou sua adequação ao processo. Além disso, a presença de ar dentro do produto e os tipos de latas ou seus fornecedores também são destacados. Esses fatores indicam que inconsistências no material fornecido, como lotes com viscosidade variável ou latas de fornecedores diferentes, podem introduzir variações no processo que levam a atrasos na entrega.

Ainda na Figura 6, tem-se que na categoria de Medições foram abordados aspectos relacionados à precisão e confiabilidade dos instrumentos de medição utilizados no processo. A densidade, as balanças (*scales*), o volume e a amostragem são os principais pontos mencionados. A precisão na medição da densidade e do volume, bem como o funcionamento adequado das balanças, foram

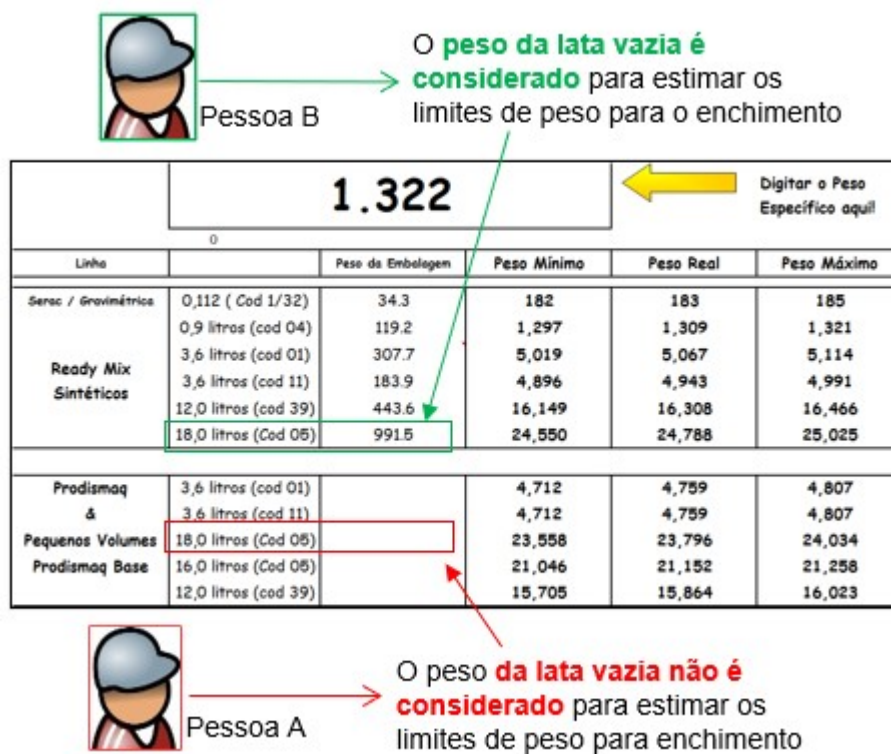
tidos como pontos críticos para manter o controle de qualidade e evitar retrabalhos que podem atrasar as entregas. Se as balanças não estiverem calibradas corretamente ou se houver falhas na amostragem, os produtos podem ser rejeitados ou precisar de ajustes, o que contribui para os atrasos. Já na categoria de Métodos, foram listados os procedimentos e práticas operacionais que podem impactar o tempo de entrega. Uma das causas apontadas no diagrama foi o Cálculo de Peso (*Weight Calculation*), identificado como uma causa confirmada de atrasos. Isso sugere que erros ou ineficiências no método de cálculo do peso do produto durante a produção foram identificados como contribuindo diretamente para os atrasos. Além disso, os procedimentos gerais e a manutenção das máquinas são mencionados como possíveis causas, indicando que a falta de padronização ou falhas nos procedimentos pode resultar em ineficiências que afetam o cronograma de entrega.

A categoria Mão de Obra (Figura 6) destaca a importância do conhecimento e das habilidades dos operadores envolvidos no processo. Dentre as causas apontadas, a falta de conhecimento dos operadores (*Operator knowledge*) merece destaque, pois indica que a falta de treinamento ou familiaridade com as balanças e outros equipamentos pode levar a erros que resultam em atrasos. Além disso, as diferenças entre operadores e turnos foram apontadas como possíveis fontes de variação. Isso sugere que a inconsistência na forma como os diferentes operadores executam suas tarefas pode introduzir variações no processo, contribuindo para atrasos nas entregas. Na categoria de Máquinas, as questões relacionadas à tecnologia e à manutenção dos equipamentos foram analisadas. Dentre as causas listadas, a tecnologia obsoleta foi confirmada como um dos motivos de atrasos, indicando que a utilização de máquinas antigas ou inadequadas pode comprometer a eficiência do processo, levando a atrasos na produção e, consequentemente, nas entregas. Além disso, a calibração das balanças e a manutenção geral das máquinas foram citadas, sugerindo que problemas técnicos, como balanças más calibradas ou falhas de manutenção, também podem ser fatores que contribuem para os atrasos.

Por fim, na Figura 6 tem-se que a categoria de Meio Ambiente abordou os fatores ambientais que podem afetar o processo. A temperatura, a pressão atmosférica e a umidade do ar foram mencionadas, indicando que variações nessas condições ambientais podem influenciar a qualidade dos materiais ou o funcionamento das máquinas. Essas variações podem, por exemplo, afetar a

viscosidade dos materiais ou a precisão das medições, introduzindo ineficiências que atrasam o processo. A partir desta análise, foram validadas as potenciais causas, conforme descrito na Figura 7.

Figura 7: Discrepância na metodologia de cálculo de peso.



Fonte: a Autora (2024).

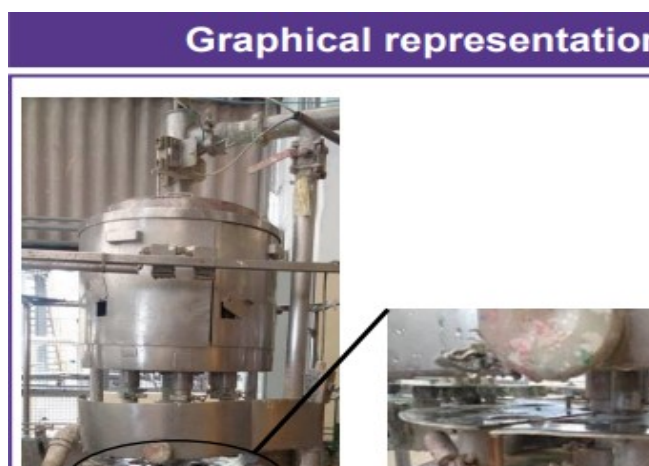
Analisando a Figura 7 tem-se uma comparação entre dois operadores, Pessoa A e Pessoa B, que seguem diferentes métodos para calcular o peso dos recipientes em um processo de enchimento. A Pessoa B incluiu o peso da lata vazia para estimar os limites de peso do enchimento, enquanto Pessoa A não considerou o peso da lata vazia ao fazer essa estimativa.

Essa discrepância nos métodos de cálculo tem implicações diretas na precisão do processo de enchimento. No caso da Pessoa B, ao considerar o peso da lata vazia, a estimativa dos limites de peso foi mais precisa e ajustada, garantindo que o volume final do produto estivesse dentro dos parâmetros estabelecidos. Em contraste, verificou-se que a abordagem de Pessoa A, que desconsiderou o peso da lata, pode resultar em subenchimento ou sobreenchimento, já que os limites de peso não estão devidamente ajustados para contabilizar o peso do recipiente.

Essa diferença de procedimento evidenciou a necessidade de padronização no processo de enchimento, especialmente em um ambiente industrial que exige alta precisão. O método adotado pela Pessoa B demonstrou maior consistência com a metodologia de controle de qualidade, enquanto o método de Pessoa A pode comprometer a qualidade final do produto, gerando variabilidade no processo, algo que é indesejável em um ambiente Lean Seis Sigma, como abordado no trabalho.

Na sequência foi feita uma validação das causas principais, estando uma delas apresentada na Figura 8.

Figura 8: Estrutura da máquina SERAC



Fonte: a Autora (2024).

Na Figura 8 pode-se verificar a estrutura da máquina SERAC, cujo processo de pesagem tinha baixa precisão, por ser manual e utilizar contrapesos para balancear e fornecer o peso correto. Ou seja, foi constatado que a tecnologia estava obsoleta e não permitia que se trabalhasse dentro dos limites especificados pela legislação, fazendo com que fosse causado um sobreenchimento constante nas latas. Desse modo, foi feita a recomendação para realizar a troca da máquina.

4.3 MELHORIA

Realizada a análise de dados e verificados os pontos necessários para atuação, deu-se seguimento com a etapa de melhoria, que trabalhou o Subenchimento e a substituição da máquina SERAC. Esta fase abordou questões críticas identificadas nas linhas de enchimento de 18 L e 3,6 L na fábrica, se

concentrando na resolução de problemas específicos que estavam impactando a consistência do processo e a qualidade do produto, com o objetivo de melhorar a eficiência operacional e garantir que os produtos atendam às especificações de volume estabelecidas.

Na linha de enchimento de 18 L, dois problemas principais foram identificados: 1) erro na planilha de cálculo do peso e 2) falhas nos procedimentos operacionais durante o ajuste das máquinas. O erro na planilha de cálculo do peso estava resultando em volumes imprecisos nos recipientes, causando subenchimento. Esse subenchimento não apenas comprometia a qualidade do produto, mas também poderia levar a problemas de conformidade com a regulamentação, além de impactar negativamente a satisfação do cliente. Havia também um problema relacionado aos procedimentos operacionais de entrada de dados nas máquinas, o que estava contribuindo para inconsistências no volume preenchido. Esses erros operacionais eram críticos, pois afetavam diretamente a precisão do processo, resultando em variabilidade no produto.

Na linha de 3,6 L, o problema identificado foi a tecnologia obsoleta da máquina de enchimento SERAC. A tecnologia antiga não permitia um controle preciso do peso, o que resultava em variações significativas no volume de enchimento. Isso não apenas gerava desperdício de material (no caso de excesso de enchimento), mas também criava riscos de não conformidade com as especificações mínimas (no caso de subenchimento), novamente impactando a qualidade e a satisfação do cliente.

Para solucionar o problema da planilha de cálculo de peso na linha de 18 L, foi desenvolvida uma nova planilha com um sistema à prova de erros (*poka-yoke*). Esta nova ferramenta de cálculo foi projetada para eliminar as falhas humanas e garantir que os volumes corretos fossem preenchidos de forma consistente. Além disso, os procedimentos operacionais foram revisados e padronizados para garantir que os operadores seguissem um protocolo claro e consistente ao ajustar as máquinas, minimizando o risco de erros operacionais.

Na linha de 3,6 L, a solução envolveu um investimento significativo na substituição da máquina SERAC por uma nova tecnologia de enchimento com controle automático de peso de alta precisão. Essa substituição foi essencial para reduzir a variabilidade no processo de enchimento, permitindo que a fábrica

alcançasse os níveis de consistência e precisão necessários para atender às especificações rigorosas de qualidade e regulamentação.

As ações implementadas nesta fase de melhoria trouxeram modificações substanciais para o processo. Na linha de 18 L, a introdução da nova planilha e a padronização dos procedimentos operacionais centralizaram o processo, reduzindo significativamente a variabilidade no volume de enchimento.

Na linha de 3,6 L, a nova máquina de enchimento eliminou os problemas associados à tecnologia obsoleta, resultando em uma redução notável na variação do volume. A máquina atualizada permitiu alcançar um valor de Cpk superior a 1,33, o que indica que o processo agora é considerado capaz e bem centralizado em relação às especificações de volume.

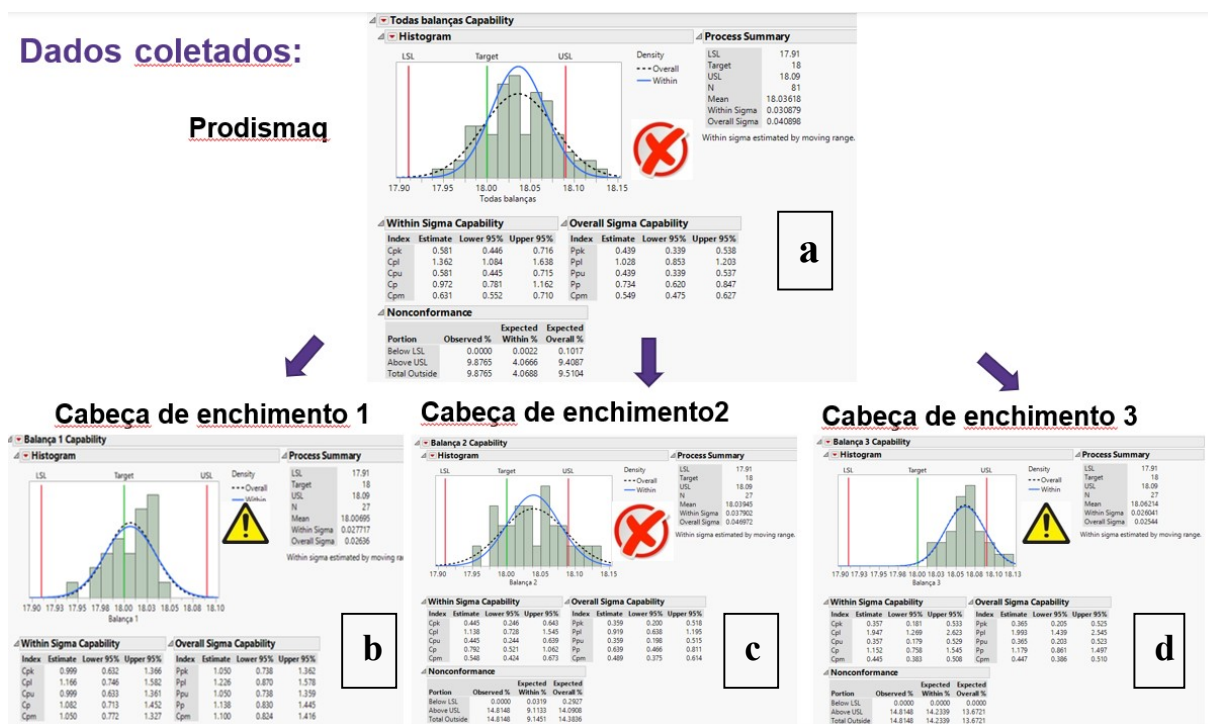
4.3.1 Análise da capacidade do processo – histograma

De posse dos dados até aqui apresentados iniciou-se a fase 2, centrada na máquina Prodismaq de 18 L, teve como objetivo principal reduzir a variabilidade observada no processo de enchimento, que estava causando inconsistências significativas, tanto em termos de subenchimento quanto de sobreenchimento. Essa fase foi crucial para assegurar que o processo atingisse um nível de capacidade adequado ($C_p > 1,33$) e para evitar tanto o desperdício de material quanto a insatisfação do cliente devido a produtos fora das especificações.

Inicialmente, foi identificado que era necessário realizar um segundo ciclo de melhorias para abordar as falhas ainda persistentes na Prodismaq. Essa melhoria era essencial para assegurar que o processo não resultasse em subenchimento ou sobreenchimento, ambos indesejados do ponto de vista operacional e econômico.

A coleta de dados revelou que a máquina Prodismaq, particularmente na cabeça de enchimento 2, apresentava uma alta variabilidade no peso do produto envasado. Essa análise inicial foi necessária para entender onde os ajustes precisavam ser feitos, principalmente no que se refere à centralização e uniformidade das três cabeças de enchimento.

Figura 9: Análise da capacidade do processo – avaliação através de histogramas:> a) Capacidade da máquina Prodismaq - visão geral, b) Dados da cabeça de enchimento 1 da Prodismaq, c) Dados da cabeça de enchimento 2, d) Dados da cabeça de enchimento 3.



Fonte: a Autora (2024).

Analizando os histogramas apresentados na Figura 9, observa-se inicialmente que os dados não estão posicionados na forma correta, deveriam ter sido posicionados com a maior frequência no centro, seguida da segunda maior frequência à direita e assim sucessivamente. Mas dadas as condições com os dados disponíveis, foi visto que a variabilidade no volume de enchimento é significativa, sendo mais crítica na cabeça de enchimento 2, onde o processo se encontra claramente fora dos limites especificados. A grande variação nesta cabeça compromete a eficiência e a qualidade do produto, sugerindo a necessidade de uma intervenção imediata. A falha identificada pode estar relacionada a problemas técnicos específicos, como calibração inadequada ou falhas mecânicas, o que requer uma correção urgente para garantir que o enchimento esteja dentro dos padrões.

Em contrapartida, as cabeças de enchimento 1 e 3 apresentam menor variabilidade, conforme pode ser verificado nas Figuras 9 b) e 9 d), mas ainda assim mostram sinais de inconsistência. Embora os desvios sejam menos acentuados, há

alertas de atenção que indicam a necessidade de ajustes para que o processo seja completamente otimizado. A falta de uniformidade entre as cabeças de enchimento compromete a consistência geral do processo, o que é crítico em um ambiente que busca minimizar desperdícios e maximizar a precisão, conforme os princípios da metodologia Lean Seis Sigma.

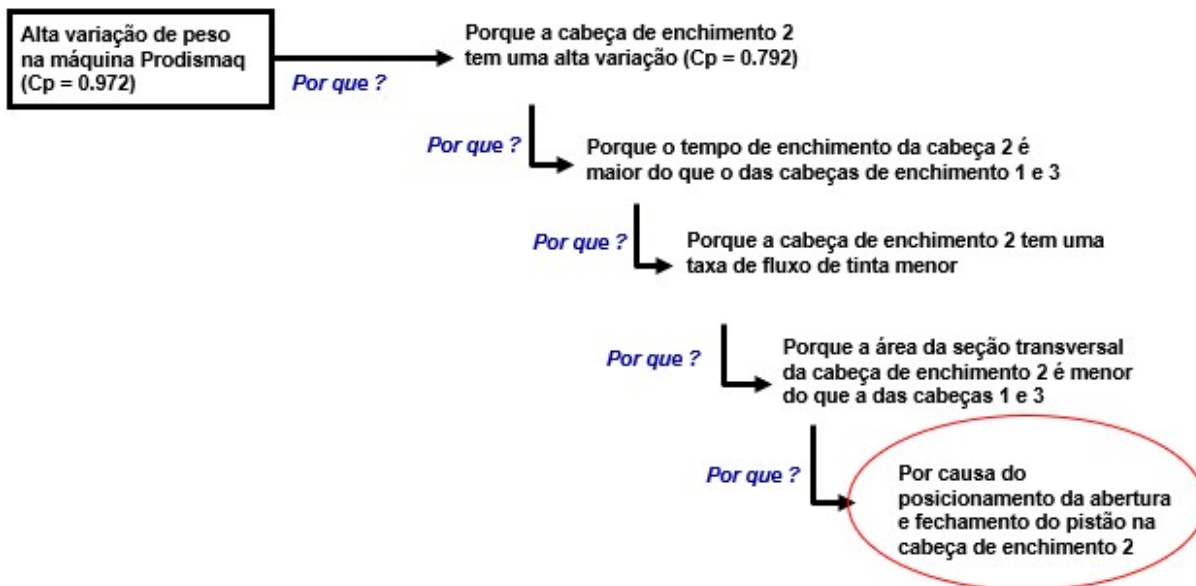
A coleta de dados e a análise estatística destacam a necessidade de uma abordagem diferenciada para cada uma das cabeças de enchimento. Enquanto a Cabeça 2 requer uma correção mais robusta, as Cabeças 1 e 3 podem ser ajustadas com medidas corretivas menores, como revisões de calibragem ou ajustes nos procedimentos operacionais. A padronização do processo entre as diferentes cabeças é essencial para garantir que o volume de enchimento esteja dentro das especificações, evitando problemas como o subenchimento ou sobreenchimento, que impactam diretamente na qualidade do produto final e na satisfação do cliente.

No contexto geral, a análise revela que o processo atual, embora operando dentro de parâmetros aceitáveis em algumas áreas, ainda precisa de melhorias significativas para atingir a consistência necessária. Isso reforça a importância de intervenções contínuas e do uso de ferramentas de controle de qualidade para monitorar e ajustar o processo, garantindo que a linha de produção opere dentro dos limites estabelecidos, minimizando variabilidades e maximizando a eficiência operacional.

Uma vez verificada a necessidade de melhoria da capacidade do processo, empregou-se a técnica dos 5 Porquês, que permitiu identificar que a principal causa da alta variabilidade na cabeça de enchimento 2 estava relacionada ao tempo de enchimento, que era maior do que nas outras cabeças. Esta análise pode ser observada na Figura 10.

Figura 10: Diagrama dos 5 porquês da linha Prodismaq

Diagrama dos 5-Porquês



Fonte: a Autora (2024).

Analizando a Figura 10, é possível constatar que a diferença no tempo de enchimento era causada por uma menor taxa de fluxo de tinta na cabeça 2, que, por sua vez, estava ligada a uma menor área da seção transversal dessa cabeça em comparação com as outras. A conclusão foi que o posicionamento inadequado do pistão na cabeça 2 estava contribuindo para a ineficiência do fluxo, resultando em uma alta variação do peso.

Com base nessas descobertas, um plano de ação foi desenvolvido e implementado para corrigir as falhas identificadas.

4.4 ELABORAÇÃO DE UM PLANO DE AÇÃO

As atividades incluíram a instalação de um controle de nível de tinta no tanque de enchimento, ajustes no fluxo de tinta nas cabeças de enchimento, e sincronização dos pontos de parada das balanças de enchimento. Todas essas ações foram concluídas com o objetivo de equalizar os tempos de enchimento e melhorar a centralização do processo.

Após a implementação das melhorias, foi observada uma significativa redução na variação do volume de enchimento na Prodismaq e o processo passou a estar centralizado. O Cp da máquina foi então calculado em 1,399, o que indicava que o processo agora era capaz de produzir consistentemente dentro dos limites especificados. A centralização das três cabeças de enchimento foi alcançada, eliminando assim o risco de sobreenchimento e gerando economias financeiras significativas para o projeto.

Essa fase do projeto demonstrou a importância de uma análise detalhada e direcionada para as causas raízes dos problemas, além de destacar a eficácia das intervenções específicas para melhorar a capacidade e a confiabilidade do processo. Com a conclusão desta fase, o processo de enchimento na Prodismaq passou a operar com maior eficiência, contribuindo para o sucesso global do projeto.

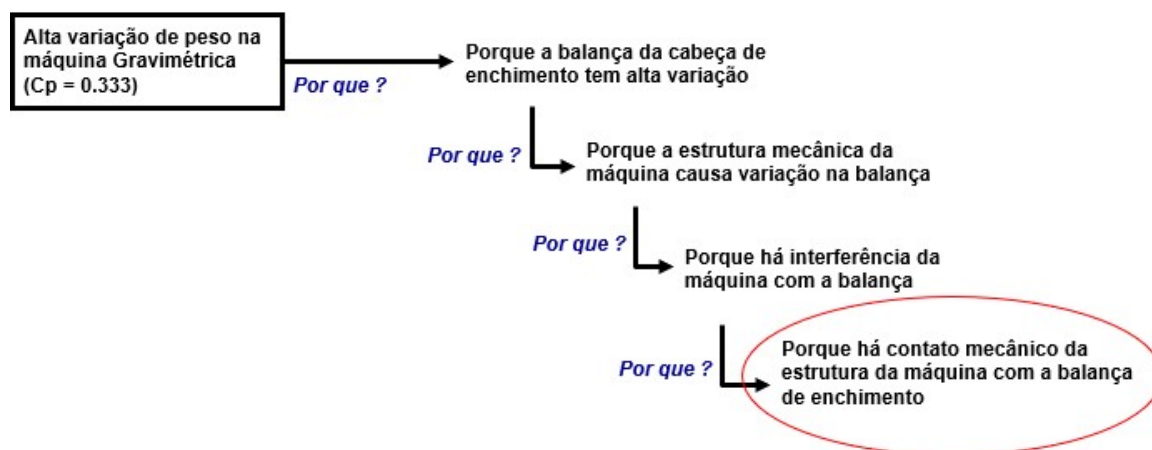
Por fim, realizou-se a fase 2 do projeto, focada na linha Gravimétrica de 18 L a fim de melhorar a capacidade do processo e reduzir a variabilidade do peso do produto envasado, garantindo a consistência na produção e a conformidade com as especificações de peso estabelecidas. O objetivo principal desta fase foi identificar e corrigir as causas das variações no peso, evitando tanto subenchimentos quanto sobreenchimentos, e assegurar que o processo operasse dentro dos limites especificados.

A análise inicial da capacidade do processo revelou que a linha gravimétrica apresentava um índice Cpk mínimo extremamente baixo, de -5,370 e o Cpk máximo de -3,252, o que indicava uma grande incapacidade do processo para manter a consistência necessária. Este valor demonstrava que o processo estava significativamente fora de controle, com uma grande dispersão dos valores em relação à meta desejada. A partir dessa linha de base, foram realizadas melhorias para centralizar o processo e reduzir a variabilidade. A primeira rodada de melhorias trouxe o Cpk para 0,326, uma melhoria em relação ao estado inicial, mas ainda aquém do valor desejado de 1,33. Esse avanço inicial indicou que as ações implementadas começaram a surtir efeito, mas ainda se fazia necessário um trabalho adicional para atingir os níveis de capacidade esperados.

Na sequência, foi implementada uma segunda rodada de melhorias, que focou em eliminar o contato mecânico da estrutura da máquina com a balança de enchimento. A análise realizada mostrou que esse contato mecânico estava causando interferências nas leituras da balança, contribuindo significativamente para a alta variabilidade do peso. Com a remoção desse contato, o Cpk foi recalculado e elevado para 1,443, indicando que o processo agora operava dentro de um intervalo aceitável de variabilidade, com uma capacidade melhorada e mais centrada. Entre as principais atividades desta fase estavam ajustes nos parâmetros de estabilidade e sensibilidade da balança da linha de enchimento, garantindo uma medição mais precisa e confiável do peso durante o enchimento.

O diagnóstico das causas, utilizando o diagrama de 5 Porquês, que pode ser observado na Figura 11, confirmou que a principal razão para a alta variabilidade na linha Gravimétrica era o contato mecânico indesejado da máquina com a balança de enchimento, que gerava interferências nas medições e resultava em leituras inconsistentes de peso. Ao corrigir esse problema, a variação foi significativamente reduzida, e a balança pôde operar sem interferências, melhorando a precisão e a confiabilidade do processo de enchimento. Além disso, durante esta fase, o foco principal esteve na consolidação das melhorias implementadas anteriormente e na garantia de que o processo fosse sustentável a longo prazo. Um plano de controle detalhado foi utilizado para mapear cada etapa crítica do processo, identificando pontos de controle, especificações de peso, métodos de controle e planos de reação, assegurando a estabilidade do processo após as melhorias.

Figura 11: Diagrama dos 5 porquês da linha Gravimétrica



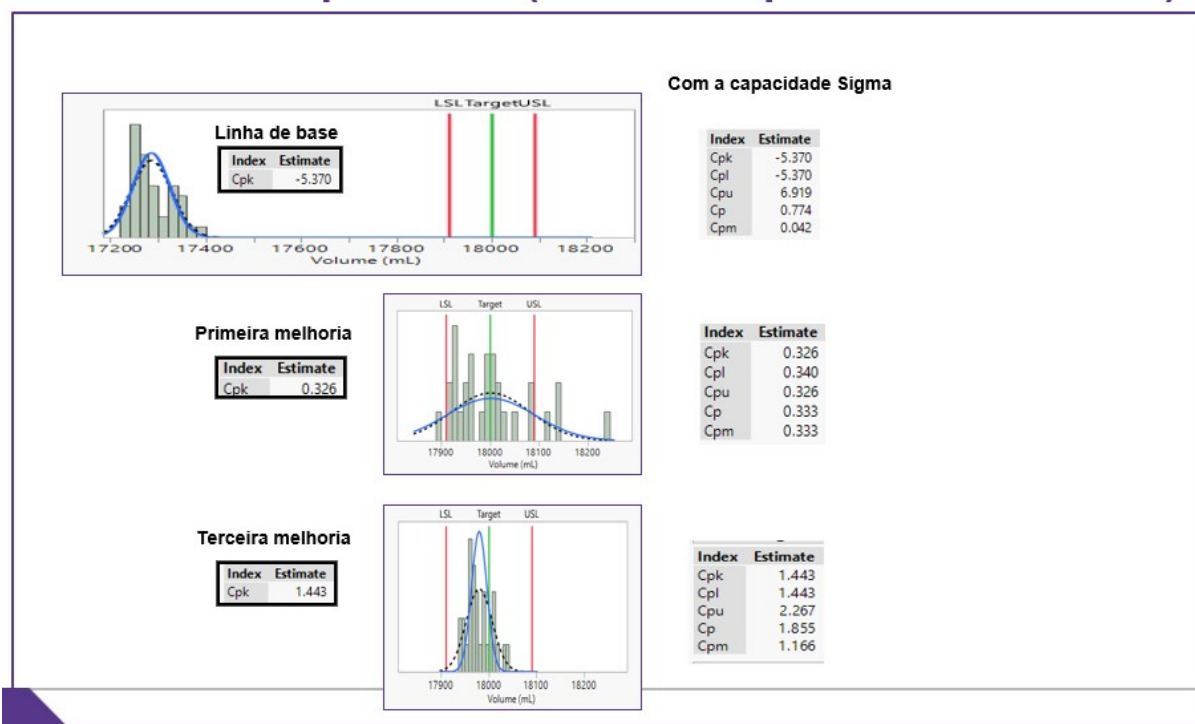
Fonte: a Autora (2024).

A redução das variações no volume de enchimento não só melhorou a consistência do produto, mas também resultou em economias financeiras significativas ao eliminar o sobreenchimento, que representava um desperdício de materiais. O projeto relatou uma economia total de € 2.305 (R\$ 13.814,56 – euro cotado a R\$ 5,99 em 02/10/2024), com um custo evitado adicional de € 2.571 (R\$ 15.439,37 – euro cotado a R\$ 5,99 em 02/10/2024) devido à conformidade com a legislação local. Com as melhorias implementadas e os resultados validados, o projeto foi formalmente entregue ao proprietário do processo, garantindo que a gestão contínua fosse eficaz. A checklist de transferência incluiu o treinamento da equipe, a documentação dos processos, a definição e monitoramento dos Pontos de Controle Críticos (CCPs), e a sistematização das análises de capacidade das linhas de enchimento na fábrica. Isso assegurou que o conhecimento adquirido e as melhorias realizadas fossem mantidos, garantindo a eficiência contínua do processo.

O acompanhamento dos indicadores-chave de desempenho (KPIs) apresentado na Figura 12 do projeto mostrou uma redução expressiva na variação de volume em todas as linhas de enchimento após as melhorias. Inicialmente, o processo apresentava uma grande variabilidade, refletida em um Cpk abaixo de 1,0. Contudo, após as intervenções, o Cpk foi elevado para valores superiores a 1,33, indicando que o processo se tornou mais estável e controlado. Essa melhora substancial reflete o sucesso das ações implementadas para aprimorar a precisão e a consistência do enchimento, garantindo que o processo esteja alinhado com os padrões de qualidade exigidos.

Figura 12: Análise de resultados: antes X depois (KPI's)

Análise da capacidade (Antes e depois das melhorias)



Fonte: a Autora (2024).

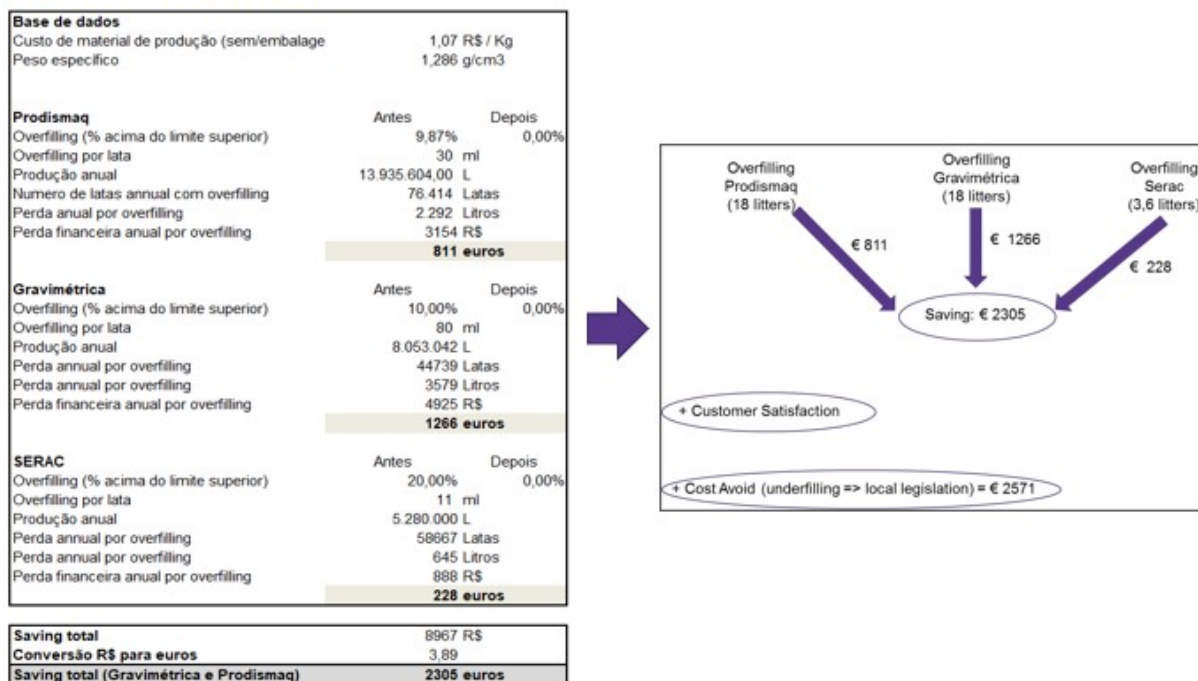
Conforme registro dos dados apresentados na Figura 12, a Fase 2 foi concluída com sucesso, consolidando as melhorias no processo de enchimento da linha Gravimétrica de 18 L. As ações tomadas resultaram em um processo mais robusto, com variações reduzidas e maior confiabilidade nas operações de enchimento. O impacto positivo sobre a consistência do produto e as economias financeiras geradas foram significativos, proporcionando uma base sólida para o controle contínuo e a melhoria contínua do processo. Esta fase exemplifica a importância de uma abordagem sistemática e de intervenções bem planejadas para alcançar a excelência operacional.

As economias anuais obtidas pelo projeto foram notáveis, como pode ser observado na Figura 13. Antes das melhorias, as linhas de enchimento apresentavam altos índices de sobreenchimento, o que resultava em desperdício de materiais e custos adicionais. As intervenções implementadas eliminaram completamente o sobreenchimento, levando a economias financeiras significativas. O projeto gerou uma economia total de € 2.305 (R\$ 13.814,56 – euro cotado a R\$ 5,99 em 02/10/2024), além de um custo evitado adicional de € 2.571 (R\$ 15.439,37 – euro cotado a R\$ 5,99 em 02/10/2024) devido à conformidade com a legislação

local, totalizando um benefício financeiro de € 4.876 (R\$ 29.223,33 – euro cotado a R\$5,99 em 02/10/2024). Estes resultados destacam não apenas a eficiência operacional aprimorada, mas também o impacto financeiro positivo do projeto.

Figura 13: Economia anual do projeto

Economia anual



Fonte: a Autora (2024).

Este projeto, portanto, pelo fato de estar focado na redução da variação de volume nas linhas de enchimento, alcançou resultados significativos, refletindo o sucesso das intervenções implementadas ao longo de suas fases. A aprovação dos benefícios do projeto destaca uma redução substancial de 50% na variação de volume, demonstrando que a capacidade das linhas de enchimento foi significativamente melhorada, com o processo operando de forma estável e dentro dos limites de controle desejados. Esse resultado não apenas atendeu aos objetivos técnicos, mas também foi validado formalmente pelos líderes do projeto.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar a aplicação da metodologia *Lean* Seis Sigma em uma indústria de produção de tintas decorativas, com foco na redução de desperdícios, na diminuição da variabilidade dos processos e na melhoria da eficiência operacional. A aplicação do *Lean* Seis Sigma proporcionou a eliminação de desperdícios e a otimização dos processos, com uso de ferramentas focadas na redução de variabilidade e controle de qualidade. A pesquisa demonstrou que a integração dessas metodologias pode trazer benefícios significativos para a indústria, tanto em termos de qualidade dos produtos quanto de competitividade no mercado. Esses benefícios são especialmente relevantes em setores onde a consistência e a qualidade são essenciais para a satisfação do cliente e o sucesso comercial.

Durante o desenvolvimento deste trabalho, foi possível observar que a metodologia *Lean* Seis Sigma oferece uma abordagem estruturada e eficaz para lidar com os desafios operacionais enfrentados pela indústria de tintas decorativas. A implementação do ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Implementar e Controlar) permitiu a identificação precisa das causas raízes dos problemas, possibilitando a criação de soluções direcionadas e eficientes. A análise estatística realizada mostrou uma redução significativa nas variabilidades do processo de envase, o que resultou em uma maior consistência na qualidade do produto.

Além disso, a aplicação das ferramentas *Lean*, como o 5S, o SMED (*Single-Minute Exchange of Die*) e o Controle Estatístico de Processos (CEP), contribuiu diretamente para a otimização dos recursos e a eliminação de desperdícios, aspectos cruciais para o aumento da produtividade e a redução dos custos operacionais. O 5S, por exemplo, melhorou a organização e limpeza dos ambientes de trabalho, enquanto o SMED reduziu significativamente o tempo de *setup* das máquinas, aumentando a eficiência do processo produtivo. O CEP, por sua vez, permitiu o monitoramento contínuo dos processos, assegurando que as operações mantivessem um nível de qualidade consistente ao longo do tempo.

A mudança cultural promovida ao longo do projeto não apenas aumentou a eficiência operacional, mas também contribuiu para a criação de um ambiente de trabalho mais motivador e alinhado com os objetivos estratégicos da organização.

No entanto, é necessário destacar que a implementação da metodologia *Lean Seis Sigma* não está isenta de desafios. A resistência à mudança por parte dos funcionários e a necessidade de um comprometimento organizacional profundo são barreiras que podem dificultar o sucesso das iniciativas de melhoria.

Como limitações do estudo, ressalta-se que a pesquisa foi realizada em um contexto específico, o que pode limitar a generalização dos resultados para outras indústrias ou segmentos de mercado. Para trabalhos futuros, sugere-se a ampliação do escopo da pesquisa para incluir outras áreas da indústria e a realização de estudos longitudinais que permitam avaliar a sustentabilidade das melhorias ao longo do tempo.

Em síntese, o estudo contribuiu para o entendimento da relevância do *Lean Seis Sigma* na otimização de processos industriais e destacou a importância de uma abordagem integrada e colaborativa para enfrentar os desafios da produção moderna. A continuidade na aplicação dessa metodologia pode não apenas manter, mas também expandir os benefícios observados, assegurando que a indústria continue a prosperar em um ambiente de negócios em constante evolução.

REFERÊNCIAS

- ABRAFATI - Associação Brasileira de Tintas. Disponível em: < <https://abrafati.com.br/setor-de-tintas/dados-do-setor/>>. Acesso em 11 mai. 2024.
- BASHAR, M. A.; TAHER, M. A.; JOHURA, F. T. Quality Control and Process Improvement in Modern Paint Industry. **International Journal of Research Publication and Reviews**, v. 2, n. 1, p. 1-15, 2019.
- BUGOR, F.; LUCCA FILHO, J. Utilização da metodologia DMAIC para promover melhorias na qualidade em indústrias alimentícias: uma revisão de literatura. **Interface Tecnológica**, v.18, n. 2, p. 724-733, 2021.
- CRUZ, J. M. L. M. **Melhoria de processo com recurso ao Lean Seis Sigma: Caso de estudo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2021.
- CUNHA, C. R. C.; PEREIRA, V. L. P. Aplicabilidade da metodologia Six Sigma em projetos na indústria. **Revista Gestão e Gerenciamento**, v.11, p. 41-50, 2019.
- DINIZ, N. R. *et al.* Aplicação da ferramenta DMAIC em uma fábrica de embalagens para melhoria do índice de reclamações de clientes. **Gestão da Produção em Foco**, v.52, p. 22, 2021.
- GALHARDI, A. C.; TABETA, A. M. Modelos de maturidade em lean manufacturing: uma análise bibliográfica. **Brazilian Journal of Business**, v.3, n.1, p. 312-323, 2021.
- JORDÃO, K. L. **Aplicação da metodologia Lean Seis Sigma para a melhoria do sistema de gestão de uma indústria química**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) - Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2022.
- LOBO, R. N. **Gestão da qualidade**. 2ed. Saraiva Educação SA, 2019.
- MASTRAPA, L. H.; ASSUMPÇÃO, M. R. P.; CAMPOS, F. C. Business Intelligence + Lean Manufacturing: uma revisão sistemática da literatura (2008-2018). **Exacta**, v. 19, n.1, p. 17-34, 2021.
- MINETO, A. D.; CARDOSO, M. A. P. Aplicação da ferramenta Lean no processo de envase com objetivo de melhorar a produtividade na fabricação de tintas e texturas. **Revista Mundi**, v.6, n.2, p. 1-20, 2021.
- NASCIMENTO JUNIOR, J. F. *et al.* Aplicação de um projeto Lean Seis Sigma a partir da implantação de um sistema kanban em uma indústria de tintas imobiliárias. *In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 26., 2019, São Paulo. Anais [...] Bauru, SIMEP, 2019.

OLIVEIRA, O. J. **Gestão da qualidade: tópicos avançados**. 1ed. Cengage Learning, 2020.

OLIVEIRA, J. P. P. **Aplicação de metodologias Lean no abastecimento de máquinas de uma fábrica da indústria do cartão canelado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2024.

PINHO, F. C. *et al.* Proposta de melhoria da qualidade com a implantação da metodologia Seis Sigma. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. 1-17, 2020.

REIS, M. S. **Estatísticas para a melhoria de processos: perspectiva seis sigma**. 1ed. Imprensa Da Universidade de Coimbra, 2016.

RODRIGUES, M. R. C. **Aplicação de Metodologias Lean Six Sigma numa Unidade de Produção de Tinta em Pó**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2019.

SANTOS NETO, S. T. **Drives para implantação e gestão do Lean Six Sigma integrado à Indústria 4.0**. 2024. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2024.

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

SILVA, L. C.; OLIVEIRA, M. C.; SILVA, F. A. Implementação da metodologia Seis Sigma para melhoria de processos utilizando o ciclo DMAIC: um estudo de caso em uma indústria automotiva. **Exacta**, v.15, n.2, p. 222-232, 2017.

SOARES, M. M.; AMARANTE, M. S. Metodologia Lean Seis Sigma como método para melhorar a produção e reduzir custos. **Revista Pesquisa e Ação**, v. 8, n. 1, p. 75-96, 2022.

SOUSA, M. S. L. A. **Implementação de metodologias Lean numa linha de produção de tintas de base aquosa**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Universidade do Minho, Braga, 2022.

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

TAMPUBOLON, S.; Purba, H. H. Lean Six Sigma Implementation, A Systematic Literature Review. **International Journal of Production Management and Engineering**, v. 9, n. 2, p. 125-139, 2021.

TEIXEIRA, F. T. V.; ARAÚJO, S. W. **Tintas e suas Aplicações: Conceitos, Tecnologias e Possibilidades**. 1ed. Diamantina: UFVJM, 2022.

WERKEMA, C. **Criando a Cultura Lean Seis Sigma**. 1ed. GEN Atlas, 2012.

WERKEMA, C. **Ferramentas Estatísticas Básicas do Lean Seis Sigma Integradas ao PDCA e DMAIC**. 1ed. GEN Atlas, 2021.

ZOPPI, J. V.; OKADA, R. H. Métodos e ferramentas que auxiliam empresas na resolução de problemas. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, n. 1, p. 667–679, 2019.