

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ADMINISTRAÇÃO, CIÊNCIAS
CONTÁBEIS, ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E
SERVIÇO SOCIAL

JOÃO VITOR PEREIRA DA CUNHA

Aplicação de DEMAIC em *Kaizen* para aumento de outputs: um
suporte operacional para transferência de manufatura em
spin-off

ITUIUTABA

2025

JOÃO VITOR PEREIRA DA CUNHA

Aplicação de DEMAIC em *Kaizen* para aumento de outputs: um
suporte operacional para transferência de manufatura em
spin-off

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Administração, Ciências Contábeis,
Engenharia de Produção e Serviço Social da
Universidade Federal de Uberlândia, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Abmael Medrano
Castillo

ITUIUTABA

2025

Aplicação de DEMAIC em *Kaizen* para aumento de outputs: um
suporte operacional para transferência de manufatura em
spin-off

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Faculdade de Administração, Ciências Contábeis,
Engenharia de Produção e Serviço Social da
Universidade Federal de Uberlândia, como
requisito parcial para obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Produção.

Ituiutaba, 15 de setembro de 2025..

Banca Examinadora:

Professor Doutor Lucio Abmael Medrano Castillo, FACES/UFU

Professora Doutora Gabriela Lima Menegaz, FACES/UFU

Professora Doutora Mara Rúbia da Silva Miranda, FACES/UFU

Dedico este trabalho ao meu pai Edi e à minha mãe Elenir.

AGRADECIMENTOS

A Deus, em primeiro lugar, por me conceder o dom da vida, a força nos momentos de dificuldade e a luz necessária para perseverar nesta caminhada acadêmica e profissional. Aos meus pais, Edi e Elenir, pelo empenho implacável em me criar e me formar sobre as bases humana e cristã, pelo amor incondicional e por todo apoio que me sustentou até aqui. Aos meus familiares, em especial às minhas tias Vanda e Vera que com cuidados e orações sempre estiveram presentes, me incentivando a crescer e me desenvolver. Ao Prof. Dr. Lúcio, pela orientação acadêmica, pelas contribuições críticas e acompanhamento constante que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho. À minha gerente, Amarylis, pela confiança depositada e pelas oportunidades de aprendizado que me fez crescer como profissional e como pessoa. E a todos os colegas de trabalho, em especial ao engenheiro de produção Lucas, tutor e parceiro neste projeto, pela partilha de conhecimento e incentivos, fundamentais para que este trabalho pudesse ser concretizado.

“O trabalho é uma chave, e provavelmente a chave essencial, de toda questão social”

São João Paulo II, Encíclica *Laborem Exercens* (1981)

“Deus espera-te a cada dia: no laboratório, no hospital, na fábrica, no quartel, na cátedra, na oficina, no campo, no lar, em todo o imenso panorama do trabalho “

São Josemaria Escrivá, Forja, n.6

RESUMO

A indústria química ocupa papel central no desenvolvimento industrial moderno, destacando-se pela capacidade de transformar matérias-primas em produtos de alto valor agregado e pela relevância estratégica em setores como saúde. Nesse viés, a produção de insumos odontológicos, notadamente as seringas de resina composta para restauração dentária, configura-se como atividade de elevada criticidade, por exigir precisão operacional, rastreabilidade e conformidade regulatória. Este trabalho insere-se nesse cenário ao investigar o processo de envase dessas seringas em uma multinacional do setor que, durante um *spin-off* industrial, enfrentou o desafio de manter sua produtividade e *market share*, mesmo diante da transferência fabril e da realocação de recursos. O problema central da pesquisa consistiu em avaliar de que forma metodologias de melhoria contínua poderiam apoiar a criação de estoques de segurança, reduzindo riscos de ruptura no fornecimento e assegurando a estabilidade operacional em contexto de transição fabril. O objetivo geral foi propor e aplicar uma estratégia de melhoria baseada nos princípios do Lean Manufacturing, estruturada pelo ciclo DMAIC e apoiada em práticas Kaizen. A metodologia configurou-se como pesquisa aplicada, de abordagem quali-quantitativa e natureza explicativa, conduzida por meio de estudo de caso. Para tal, recorreu-se a dados operacionais e análises sistemáticas que permitiram identificar gargalos e direcionar intervenções de melhoria. Os resultados apontaram fragilidades na disponibilidade e na organização dos processos, sendo implementadas ações de padronização, reconfiguração e balanceamento que contribuíram para o aumento da produtividade e maior estabilidade operacional. Como consequência, a empresa obteve um incremento de 23% no volume mensal de produção, assegurando a formação de estoques de segurança e a preservação da competitividade durante a transição fabril. Observar-se-á que a integração entre *Kaizen* e DMAIC, à luz dos fundamentos *Lean*, demonstrou-se uma solução eficaz para enfrentar os desafios de variabilidade e instabilidade em contextos de *spin-off*, reforçando a importância da melhoria contínua como instrumento estratégico de resiliência organizacional.

Palavras-chave: Lean Manufacturing; Six Sigma; Kaizen; Spin-off industrial; Market share.

ABSTRACT

The chemical industry plays a central role in modern industrial development, standing out for its ability to transform raw materials into high value-added products and for its strategic relevance in sectors such as healthcare. In this context, the production of dental supplies, particularly composite resin syringes for restorative procedures, is considered highly critical due to the operational precision, traceability, and regulatory compliance it requires. This study investigates the syringe filling process in a multinational company of the sector that, during an industrial spin-off, faced the challenge of maintaining productivity and market share despite the factory transfer and resource reallocation. The central research problem consisted of evaluating how continuous improvement methodologies could support the creation of safety stock, reducing supply disruption risks and ensuring operational stability in a transition environment. The general objective was to propose and apply an improvement strategy based on Lean Manufacturing principles, structured through the DMAIC cycle, and supported by Kaizen practices. The methodology was characterized as applied research, with a qualitative-quantitative and explanatory approach, conducted through a case study. Operational data and systematic analyses were used to identify bottlenecks and guide interventions. The results revealed weaknesses in process availability and organization, leading to the implementation of standardization, reconfiguration, and balancing actions that increased productivity and operational stability. As a consequence, the company achieved a 23% increase in monthly production volume, ensuring the formation of safety stock and the preservation of competitiveness during the factory transition. The integration of Kaizen and DMAIC, grounded in Lean principles, proved to be an effective solution to face variability and instability in spin-off contexts, reinforcing the relevance of continuous improvement as a strategic instrument for organizational resilience.

Keywords: Lean Manufacturing; Six Sigma; Kaizen; Industrial spin-off; Market share.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1	A casa do Sistema Toyota de Produção	16
Figura 2	Hierarquia <i>Six Sigma</i>	18
Figura 3	Integração <i>Lean Six Sigma</i>	20
Figura 4	Fluxograma das fases DMAIC	21
Figura 5	Tradução direta da palavra <i>Kaizen</i>	26
Figura 6	Sequência de acontecimento de condições	27
Figura 7	<i>Layout</i> da sala de envase de seringas	37
Figura 8	Novo <i>Layout</i> da Sala de Seringas	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Cenário Atual de Produção	37
Tabela 2	Cenário Atual de Produtividade	37
Tabela 3	Tempos de Operação em 3 turnos	38
Tabela 4	Cálculo de Disponibilidade Nominal por Cenário	39
Tabela 5	Número de Ocorrências e Duração de Paradas não Programadas: Máquina A	40
Tabela 6	Número de Ocorrências e Duração de Paradas não Programadas: Máquina B	41
Tabela 7	Número de Ocorrências e Duração de Paradas não Programadas: Máquina B	43
Tabela 8	Resumo de Ganhos	44
Tabela 9	Mapa Evolutivo do Projeto	44

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABIQUIM	Associação Brasileira da Indústria Química
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CEP	Controle Estatístico de Processo
CTQ	<i>Critical to Quality</i>
DMAIC	<i>Define, Measure, Analyze, Improve, Control</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
JUSE	<i>Union of Japanese Scientists and Engineers</i>
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i>
STP	Sistema Toyota de Produção

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	Contextualização.....	13
1.2	Objetivos de pesquisa.....	14
1.2.1	Objetivo geral.....	14
1.2.2	Objetivos específicos.....	14
1.3	Justificativa.....	15
1.4	Delimitação do trabalho.....	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1	Lean Manufacturing - Sistema Toyota de Produção.....	16
2.2	Six Sigma.....	18
2.3	Lean Six Sigma.....	19
2.4	DMAIC.....	20
2.4.1	Define - Definir.....	21
2.4.2	Measure - Medir.....	22
2.4.3	Analyze - Analizar.....	23
2.4.4	Improve - Melhorar.....	23
2.4.5	Control - Controlar.....	23
2.5	Kaizen.....	25
2.6	Spin-off.....	27
3	METODOLOGIA.....	29
3.1	Caracterização da pesquisa.....	29
3.2	Técnicas de coleta de dados.....	30
3.3	Procedimentos metodológicos - Etapas.....	30
4	RESULTADOS.....	31
4.1	Caracterização da empresa.....	31
4.2	Mapeamento da realidade empresarial.....	32
4.3	Propostas de melhoria.....	33
4.3.1	Definir.....	33
4.3.1.1	Condição Atual.....	33
4.3.1.2	Condição Alvo.....	35
4.3.2	Medir.....	36
4.3.3	Analizar.....	38
4.3.3.1	Determinar variáveis.....	38
4.3.3.2	Análise das variáveis no Gemba.....	39
4.3.4	Melhorar.....	41
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	44
5.1	Conclusões do trabalho.....	44
5.2	Limitações do estudo.....	45
6	REFERÊNCIAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

A indústria química é uma das bases estruturantes do desenvolvimento industrial moderno, destacando-se por sua capacidade de transformar matérias-primas em substâncias complexas e de alto valor agregado, com aplicações que abrangem desde a produção farmacêutica até o setor automotivo, alimentício, agrícola e de saúde. Em países emergentes como o Brasil, o setor químico representa uma parcela significativa do Produto Interno Bruto industrial, figurando entre os maiores empregadores e principais vetores de inovação tecnológica e competitividade internacional. Além de sua relevância econômica, a indústria química é também um campo caracterizado por forte regulação sanitária, rigor técnico-operacional e crescente exigência por produtividade, sustentabilidade e controle de riscos. Nesse contexto, o aperfeiçoamento de processos e o uso eficiente de recursos passam a ser não apenas uma vantagem competitiva, mas uma exigência de permanência no mercado (ABIQUIM, 2023).

Entre os diversos segmentos que compõem esse setor, destaca-se a cadeia produtiva voltada à fabricação de insumos odontológicos, em especial os processos relacionados ao envase de seringas contendo resinas compostas para restauração dentária. Tais dispositivos, classificados como produtos médicos de classe elevada, demandam não apenas conformidade química e biológica, como estabelecido nas normas ISO 10993-1:2021 e ISO 4049:2019, mas também precisão operacional e rastreabilidade total em cada etapa da produção. O processo de envase, montagem, rotulagem e selagem dessas seringas precisam atender simultaneamente aos requisitos da ANVISA e de órgãos internacionais, além de lidar com desafios operacionais típicos de um ambiente fabril sob pressão por eficiência, como redução de tempos de ciclo, controle de perdas e adequação ergonômica dos postos de trabalho. Dessa forma, a linha de envase torna-se uma unidade crítica para a sustentabilidade operacional e regulatória da empresa, impactando diretamente a sua reputação e sua permanência em mercados de alta exigência técnica (ISO, 2019; ISO, 2021).

Para enfrentar esses desafios, a adoção de princípios do *Lean Manufacturing* convém como uma estratégia robusta na otimização de processos industriais, por meio da eliminação sistemática de desperdícios (*muda*), variações (*mura*) e sobrecargas (*muri*). Entretanto, à medida que a complexidade das operações aumenta, o *Lean* isolado passa a demandar complementações analíticas mais rigorosas, o que justifica a integração com os fundamentos do *Lean Six Sigma*.

Essa abordagem híbrida combina a orientação filosófica enxuta com a disciplina estatística do Six Sigma, viabilizando intervenções guiadas por dados e estruturadas por meio do ciclo DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), amplamente reconhecido como ferramenta de excelência para a solução de problemas complexos (Pyzdek; Keller, 2009; Antony et al., 2019).

Neste trabalho, propõe-se a aplicação do ciclo DMAIC como estrutura lógica de suporte para a realização de um evento *Kaizen*, cujo foco é o aumento planejado da produtividade das linhas de envase. O diferencial da abordagem reside em seu direcionamento estratégico: utilizar a melhoria contínua não como fim em si, mas como meio para a criação de estoques de segurança, em antecipação a uma transição fabril decorrente de um spin-off industrial. Tal cenário impõe riscos logísticos e operacionais significativos, como paradas temporárias de produção e realocação de recursos, que podem comprometer o fornecimento ao mercado e, consequentemente, a manutenção do *market share* da empresa. A antecipação de estoques torna-se, portanto, uma ferramenta de proteção estratégica contra rupturas de suprimento, permitindo à organização preservar sua imagem e sua posição competitiva mesmo durante períodos de instabilidade interna.

1.2 Objetivos de pesquisa

1.2.1 *Objetivo geral*

O presente trabalho tem como objetivo geral desenvolver e aplicar uma estratégia de melhoria contínua, fundamentada nos princípios do *Lean Manufacturing*, estruturada por meio do ciclo DMAIC e operacionalizada pela abordagem *Kaizen*, com o propósito de aumentar a produtividade das linhas de envase de seringas contendo resina composta para uso odontológico, viabilizando a formação de estoques de segurança capazes de subsidiar o processo de *spin-off* fabril e assegurar a manutenção do *market share* da empresa durante a transição operacional.

1.2.2 *Objetivos específicos*

- Analisar a condição estratégica-operacional da unidade fabril no contexto do *spin-off*, integrando indicadores de desempenho produtivo com riscos logísticos e impactos potenciais sobre o *market share*.

- Aplicar o ciclo DMAIC como estrutura metodológica para conduzir melhorias de processo, promovendo o aumento controlado de outputs e a preparação da operação para a transição fabril.
- Estruturar a criação de estoques de segurança como mecanismo de proteção estratégica, considerando a manutenção do abastecimento e a preservação da posição competitiva durante o desmembramento produtivo.
- Consolidar práticas de melhoria contínua como fundamento da autonomia e da estabilidade operacional da nova unidade, por meio da padronização, do aprendizado iterativo e do engajamento das equipes.

1.3 Justificativa

A justificativa deste trabalho apoia-se na necessidade de garantir a continuidade produtiva e a estabilidade do abastecimento em um contexto de transição fabril decorrente de um *spin-off* industrial. A linha de envase de seringas odontológicas representa um processo crítico não apenas pelo atendimento a rigorosas normas regulatórias, mas também por sua contribuição direta à manutenção do *market share* da empresa. Nesse sentido, a aplicação estruturada do ciclo DMAIC, aliada à filosofia *Kaizen*, mostra-se pertinente por fornecer rigor analítico e promover o engajamento das equipes em melhorias sustentáveis. Ao mesmo tempo, a formação planejada de estoques de segurança, resultante do aumento de produtividade, configura-se como mecanismo estratégico para mitigar os riscos de descontinuidade e assegurar a confiabilidade do fornecimento durante a transição. Dessa forma, justifica-se a pesquisa por sua relevância prática e estratégica, ao articular metodologias de melhoria contínua com a necessidade de adaptação organizacional em cenários de alta complexidade operacional e competitiva.

1.4 Delimitação do trabalho

Do ponto de vista do referencial teórico, o trabalho está fundamentado em três pilares centrais: a filosofia *Kaizen*, a metodologia DMAIC e os conceitos de estoque de segurança aplicados à garantia de continuidade operacional e à manutenção do *market share*. O recorte bibliográfico priorizou obras clássicas e contemporâneas nas áreas de melhoria contínua, produção enxuta, gestão de operações e estratégia industrial, com ênfase em autores como Imai (1986), Pyzdek e Keller (2009), Liker (2005), Chopra e Meindl (2016) e Markides (1995).

Por outro lado, as soluções desenvolvidas e testadas no ambiente empírico deste estudo são especialmente aplicáveis a contextos industriais que enfrentam processos de transição física e organizacional semelhantes — como mudanças de planta, migrações de layout, segmentações empresariais ou spin-offs. Entretanto, a aplicabilidade dos resultados está condicionada a determinadas particularidades, como: a existência de dados de operação confiáveis, a presença de cultura organizacional minimamente aderente à lógica da melhoria contínua, e a viabilidade de formação de estoques de segurança sem comprometer a sustentabilidade financeira da operação.

Por fim, o estudo não contempla análises de impacto de longo prazo sobre a estrutura financeira da empresa, nem investigações comparativas entre diferentes setores industriais. O foco está na gestão operacional, com ênfase no desempenho produtivo e na estabilidade do atendimento ao mercado durante o período crítico de separação fabril.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 *Lean Manufacturing* - Sistema Toyota de Produção

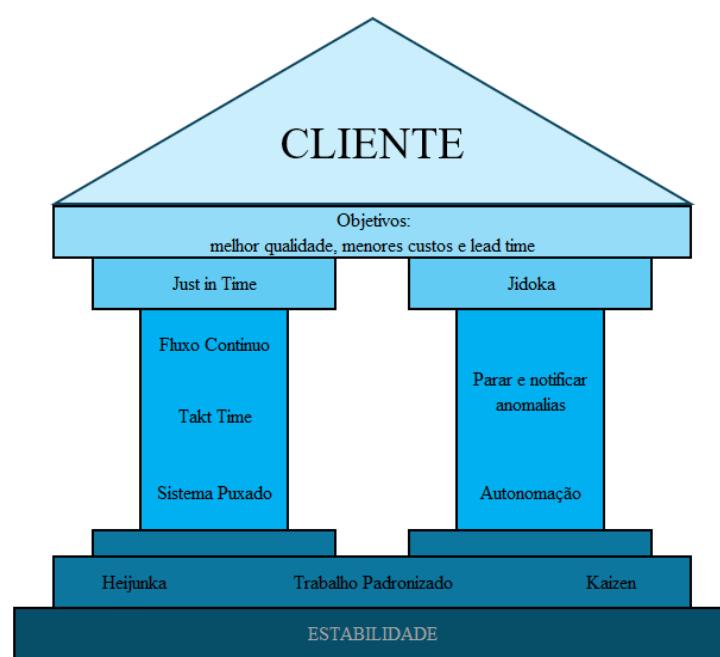
O *Lean Manufacturing*, originado no Sistema Toyota de Produção, representa uma abordagem estratégica voltada à eliminação sistemática de desperdícios, ao nivelamento da produção e à maximização do valor entregue ao cliente. Seus pilares estão ancorados na supressão de atividades que não agregam valor (*muda*), na mitigação de irregularidades operacionais (*mura*) e na prevenção de sobrecargas estruturais (*muri*) (Ohno, 1988). Essa filosofia, embora nascida no setor automotivo, demonstrou significativa adaptabilidade a setores de alta complexidade, como a indústria química e de dispositivos médicos. Mesmo em ambientes pressionados por exigências regulatórias e tecnologias emergentes, os princípios do *lean* seguem promovendo estabilidade operacional, fluidez produtiva e uma cultura organizacional voltada ao aprendizado contínuo (Antony et al., 2019).

O Sistema Toyota de Produção (STP), desenvolvido no Japão entre as décadas de 1940 e 1970, representa o marco fundacional do pensamento enxuto. Concebido inicialmente por Taiichi Ohno e Shigeo Shingo, o sistema surgiu como resposta à necessidade de produzir com qualidade e flexibilidade em um ambiente de escassez de recursos, característica do Japão pós-Segunda Guerra Mundial. A grande inovação do modelo não esteve apenas na busca pela eficiência, mas na forma como essa eficiência foi sistematizada: por meio da eliminação rigorosa de desperdícios (*muda*), da estabilização do ritmo produtivo (*heijunka*) e da autonomia para

interrupção do processo em caso de anomalias (*jidoka*). Essa filosofia operacional deu origem ao que viria a ser mais tarde conhecido como *Lean Manufacturing*, e seu princípio central é claro: criar valor para o cliente utilizando o mínimo necessário de recursos (Ohno, 1988).

Segundo Womack et al. (2023), os fundamentos do Sistema Toyota continuam sendo estudados como base metodológica para qualquer sistema de melhoria contínua. O valor histórico do modelo está no fato de que ele não apenas alterou paradigmas industriais do século XX, mas criou uma lógica de raciocínio produtivo que atravessa fronteiras setoriais, culturais e tecnológicas. Sua influência se estende para além da manufatura, oferecendo um conjunto de princípios organizacionais orientados à eliminação sistemática de ineficiências e ao aprendizado organizacional constante. A partir da internalização dessa lógica, tornou-se possível a construção de sistemas mais ágeis, previsíveis e resilientes — sempre orientados à criação de valor contínuo para o cliente final. A Figura 1 ilustra como as ferramentas do STP devem ser aplicadas, desde os fundamentos até o foco do sistema, seguindo a estrutura de uma casa, em que a base representa os fundamentos e ascende de maneira incremental até o foco do sistema: o cliente, representado pelo telhado na metáfora da casa .

Figura 1 - A casa do Sistema Toyota de Produção



Fonte: Adaptado de Womack et. al. (2023)

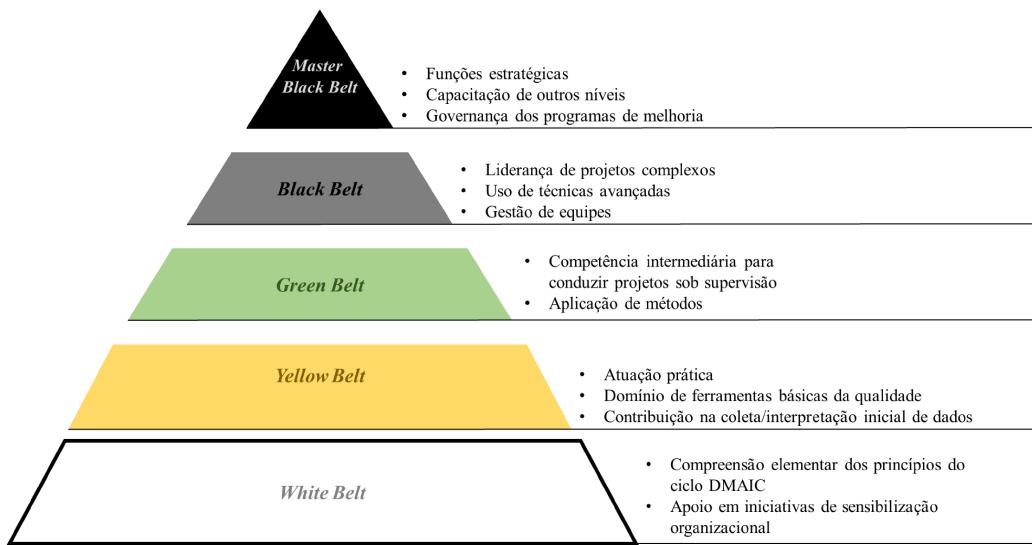
2.2 *Six Sigma*

O *Six Sigma* é uma metodologia estatística de melhoria da qualidade que surgiu nos Estados Unidos, na década de 1980, no contexto da Motorola. Desenvolvido por engenheiros como Bill Smith e promovido por Mikel Harry, o método propõe a redução da variabilidade dos processos por meio de ferramentas quantitativas, permitindo alcançar níveis quase perfeitos de desempenho — até 3,4 defeitos por milhão de oportunidades. O nome "Six Sigma" remete ao desvio padrão estatístico (σ) e expressa o controle rigoroso das variações em torno da média de um processo. O foco da abordagem está na identificação de causas raiz e no controle dos fatores críticos à qualidade (*Critical to Quality* – CTQs), que afetam diretamente a percepção do cliente e o resultado. Sua estrutura lógica e orientada por dados tornou o *Six Sigma* uma das metodologias mais rigorosas e disciplinadas da gestão da qualidade (Pande; Neuman; Cavanagh, 2000).

A estrutura do *Six Sigma* organiza-se em níveis hierárquicos de competências, conhecidos como *belts*, os quais garantem a difusão ordenada da metodologia e a consolidação de uma cultura de melhoria contínua. O *White Belt* representa o nível introdutório, voltado à compreensão elementar dos princípios do ciclo DMAIC e ao apoio em iniciativas de sensibilização organizacional. O *Yellow Belt* avança para uma atuação mais prática, com domínio de ferramentas básicas da qualidade, como fluxogramas, folhas de verificação e diagramas de Ishikawa, contribuindo diretamente na coleta e interpretação inicial de dados. O *Green Belt*, por sua vez, possui competência intermediária para conduzir projetos sob supervisão, aplicando métodos estatísticos como gráficos de controle, estudos de capacidade e testes de hipóteses, o que lhe permite atuar na redução sistemática de variabilidades de processo. O *Black Belt* consolida-se como agente de alto impacto, responsável por liderar projetos complexos e interfuncionais, utilizando técnicas avançadas de análise, como regressão múltipla, planejamento de experimentos (*Design of Experiments* – DOE) e análise de confiabilidade, além de exercer papel fundamental na gestão de equipes e na disseminação da cultura analítica. No ápice da hierarquia, o *Master Black Belt* desempenha funções estratégicas, sendo responsável por capacitar os demais níveis, estruturar a governança dos programas de melhoria e assegurar a integração do *Six Sigma* com os objetivos de longo prazo da organização, atuando, portanto, como elo entre a dimensão técnica e a dimensão estratégica da gestão empresarial (Klefsjö;

Antony; Gijo, 2021). A Figura 2 resume a sequência hierárquica entre os níveis de profissionais do *Six Sigma*.

Figura 2 - Hierarquia *Six Sigma*



Fonte: Adaptado de Klefsjö; Antony; Gijo (2021)

Para Antony et al. (2023), embora tenha origem estatística, o *Six Sigma* evoluiu para se tornar uma filosofia abrangente de controle e sustentabilidade de processos. Seu valor, hoje, não está apenas nos resultados numéricos, mas na forma como estrutura a tomada de decisão com base em evidências, padroniza práticas de melhoria e permite comparar desempenhos ao longo do tempo. A confiabilidade da metodologia e a clareza de suas etapas continuam a fazer do *Six Sigma* uma das estruturas mais respeitadas no universo da melhoria contínua.

2.3 *Lean Six Sigma*

A convergência entre o pensamento *lean* e a abordagem estatística do *Six Sigma* resultou no surgimento do *Lean Six Sigma*, um modelo híbrido que combina a eficiência operacional com o rigor analítico. Essa integração teve início no final dos anos 1990 e início dos anos 2000, quando líderes organizacionais perceberam que ambas as metodologias tratavam de problemas complementares: enquanto o *lean* combate desperdícios e promove fluxo, o *Six Sigma* elimina variabilidade e garante estabilidade. O *Lean Six Sigma* surge, então, como uma resposta lógica à demanda por soluções mais completas, unindo agilidade e precisão, rapidez e confiabilidade, filosofia e estatística. Destaca-se, também, que o *Lean Six Sigma* proporciona ganhos

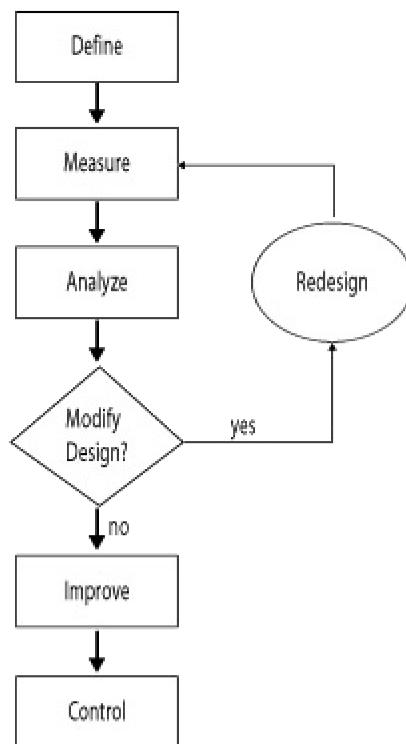
sustentáveis, orientando as organizações para o atingimento de níveis superiores de desempenho em qualidade, custo e tempo de resposta (George, 2003).

Em contextos industriais altamente dinâmicos, o *Lean Six Sigma* tem sido adotado não apenas como ferramenta de melhoria pontual, mas como eixo central para reconfiguração fabril e transformação digital, com impacto direto na produtividade e resiliência operacional (Antony et al., 2023).

2.4 DMAIC

Uma das ferramentas dessa metodologia é o ciclo *DMAIC* (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) que constitui o alicerce metodológico do *Lean Six Sigma*, oferecendo uma estrutura lógica e sequencial para resolver problemas de forma sistemática e baseada em evidências. A correta aplicação do *DMAIC* possibilita a identificação precisa das causas-raiz dos desvios, a proposição de soluções sustentáveis e o controle eficaz dos ganhos alcançados (Pyzdek; Keller, 2009). A Figura 4 introduz como o DMAIC é executado em uma macro-escala.

Figura 4 - Fluxograma das fases DMAIC



Fonte: Pyzdek; Keller (2009)

Schwarz, Schröder e Böhm (2022) enfatizam a utilidade do *DMAIC* como um modelo independente de setor ou complexidade técnica, aplicável a qualquer situação onde se deseje resolver problemas com base em evidências. Argumentam que a clareza conceitual do *DMAIC* é o que o torna acessível e poderoso ao mesmo tempo: qualquer equipe, com o devido suporte técnico, pode aprender a seguir suas etapas e alcançar melhorias reais e duradouras. Seu valor está em transformar a melhoria contínua em um processo racional, documentado e replicável, o que favorece a consolidação de uma cultura organizacional orientada por resultados concretos. O *DMAIC* é, portanto, a ferramenta que operacionaliza o *Lean Six Sigma*, tornando seus princípios aplicáveis na prática com lógica e controle.

2.4.1 *Define* - Definir

A fase Define tem como objetivo estabelecer com clareza o problema a ser tratado, o escopo do projeto, os envolvidos na sua condução e os objetivos estratégicos que justificam a intervenção. Trata-se de um momento decisivo, pois define os limites de atuação e alinha as expectativas entre as partes interessadas. Nesta etapa, é essencial compreender o contexto organizacional em que o processo está inserido, analisar os impactos do problema sobre os indicadores de desempenho e formalizar o comprometimento da liderança. Além disso, o Define atua como um elo entre a visão estratégica da empresa e a ação operacional da equipe de melhoria, garantindo que o esforço empreendido esteja em sintonia com as prioridades do negócio. Um projeto de melhoria bem-sucedido começa com uma definição robusta e compartilhada do problema, de modo que todos os envolvidos compreendam não apenas o que deve ser melhorado, mas por que essa melhoria é necessária dentro do sistema (Pyzdek; Keller, 2009).

Complementando essa estrutura, Mike Rother (2009) propõe que, dentro da lógica científica da melhoria, seja feita a distinção clara entre condição atual e condição alvo — conceitos fundamentais para tornar a etapa Define mais precisa e orientada por experimentação prática. A condição atual representa o estado real do processo, baseado em observações diretas e dados concretos do *Gemba*, revelando como o sistema realmente opera. A condição alvo, por sua vez, é uma descrição futura desejável do processo em um horizonte próximo, contendo parâmetros definidos de desempenho, padrões operacionais esperados e limites aceitáveis de variabilidade. A comparação entre essas duas condições permite identificar os desafios reais que devem ser superados, direcionando os esforços de melhoria para um ponto específico e

alcançável. Para Rother, essa lacuna entre o estado atual e o alvo não deve ser preenchida por planos fixos, mas por ciclos de experimentação sistemática (PDCA), conduzidos com acompanhamento e aprendizado contínuo, o que confere ao Define um papel estratégico na construção de competências internas de melhoria contínua.

2.4.2 *Measure - Medir*

A fase Measure do ciclo DMAIC tem como finalidade estabelecer uma base quantitativa confiável sobre o desempenho atual do processo, permitindo que as decisões futuras de melhoria sejam fundamentadas em dados concretos (Pyzdek; Keller, 2009).

Um dos métodos mais eficazes para esse propósito é o chokotei, uma prática japonesa de coleta manual de dados diretamente no Gemba, ou seja, no local onde o trabalho acontece. Essa abordagem, defendida por Shigeo Shingo, consiste no registro em tempo real de eventos operacionais — como paradas, falhas, desvios e tempos improdutivos — por parte dos operadores ou observadores treinados (Shingo, 1996).

Diferente dos sistemas automatizados, o chokotei permite capturar nuances e causas que normalmente passariam despercebidas, além de envolver ativamente a equipe operacional na construção do conhecimento sobre o processo. Essa prática fortalece o pensamento crítico, o engajamento e a identificação de desperdícios com maior sensibilidade à realidade do chão de fábrica (Liker, 2005).

A partir dos dados coletados com o chokotei, o diagrama de Pareto torna-se uma ferramenta valiosa para priorizar os principais problemas identificados. Baseado no princípio 80/20 de Vilfredo Pareto, o diagrama organiza os dados em ordem decrescente de impacto ou frequência, evidenciando os “poucos vitais” responsáveis pela maior parte das perdas, falhas ou retrabalhos. Essa visualização objetiva auxiliar a equipe de melhoria a concentrar esforços onde há maior retorno, evitando dispersão de recursos em causas secundárias. A integração entre observação direta e análise estatística, como ocorre na combinação entre chokotei e Pareto, fortalece a tomada de decisão baseada em evidências. Essa prática é especialmente relevante em contextos industriais dinâmicos, como reestruturações produtivas e spin-offs, nos quais a variabilidade operacional exige diagnóstico preciso e ação ágil sobre os pontos críticos do processo (Juran, 1954).

2.4.3 *Analyze* - Analizar

Na etapa *Analyze*, busca-se identificar as causas raízes que provocam os desvios no processo. A robustez da fase de análise é o diferencial entre a resolução superficial e a eliminação definitiva de um problema. A abordagem científica na análise evita soluções intuitivas e garante que as contramedidas atuem nas variáveis que realmente impactam o desempenho (Pyzdek; Keller, 2009).

2.4.4 *Improve* - Melhorar

A etapa *Improve* visa desenvolver, testar e implementar soluções que tratam as causas identificadas (Pyzdek; Keller, 2009). Nesta fase, o ciclo PDCA é frequentemente empregado para validar as melhorias em ambiente controlado antes da padronização. Segundo Deming, o ciclo PDCA promove o aprendizado contínuo e a experimentação disciplinada como alicerces para o aperfeiçoamento de processos. A experimentação interativa permite à equipe ajustar a solução até que os resultados desejados sejam alcançados com estabilidade. A comunicação visual, a reorganização de layout e a padronização operacional também são práticas recorrentes nesse momento (Deming, 1990).

2.4.5 *Control* - Controlar

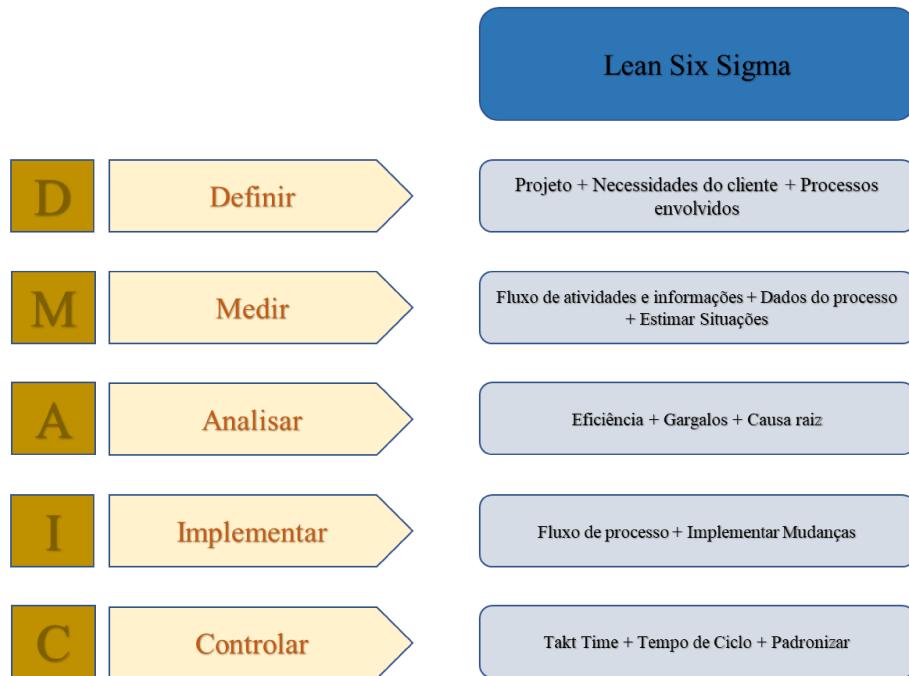
Por fim, a fase *Control* é dedicada à sustentação dos resultados obtidos. São implementados controles estatísticos de processo (CEP), auditorias periódicas, indicadores de desempenho e procedimentos operacionais padronizados para garantir que o processo não retorne às condições anteriores. A eficácia do controle está diretamente associada ao grau de engajamento da equipe e à clareza dos mecanismos de monitoramento adotados. Treinamentos contínuos, integração dos indicadores aos dashboards de gestão e revisão periódica do processo são medidas fundamentais para consolidar a melhoria (Pyzdek; Keller, 2009).

Um instrumento visual amplamente utilizado nessa etapa são as target sheets, ou folhas de metas operacionais. Essas planilhas funcionam como quadros de acompanhamento que registram diariamente os principais indicadores de processo, permitindo que a equipe identifique rapidamente desvios em relação às metas estabelecidas. As target sheets são parte essencial do sistema de gestão visual em ambientes Lean, pois promovem a transparência, facilitam o diálogo estruturado nas reuniões de rotina e reforçam a responsabilização pela performance nos níveis

mais próximos da operação. Ao tornar os resultados visíveis e comparáveis em tempo real, essas ferramentas contribuem decisivamente para a estabilização dos processos e a sustentabilidade das melhorias conquistadas (Mann, 2010).

Dessa forma, Pyzdek et al. (2009), demonstra que mais do que a soma de duas metodologias, o *Lean Six Sigma* representa uma síntese moderna de pensamento estratégico e disciplinado, permitindo a criação de culturas organizacionais orientadas à excelência. Sua estrutura lógica, aliada à capacidade de adaptação, faz com que o modelo seja reconhecido por sua solidez conceitual e eficácia comprovada em diferentes tipos de processos. A Figura 3 resume os principais pontos resultantes dessa integração metodológica, desdobrando o DMAIC através da composição *Lean + Six Sigma*.

Figura 3 - Integração *Lean Six Sigma*



Fonte: Adaptado de Pyzdek et al. (2009)

De forma geral, o DMAIC promove uma convergência entre a filosofia Kaizen e o pensamento estatístico, tornando-se uma ferramenta híbrida entre cultura e ciência. Sua aplicação em eventos de melhoria contínua garante disciplina, objetividade e previsibilidade, qualificando-o como um método ideal para ambientes produtivos e administrativos que enfrentam desafios de variabilidade, ineficiência e instabilidade. Além disso, a adaptabilidade do DMAIC o torna aplicável em projetos de reestruturação mais amplos, como fusões, aquisições

ou spin-offs industriais, onde o controle da variabilidade e a padronização de processos são essenciais para garantir a continuidade operacional durante a transição (Antony et al., 2019).

2.5 *Kaizen*

A utilização combinada do *DMAIC* e do *Kaizen* permite estruturar melhorias rápidas, participativas e orientadas por dados. Tradicionalmente, o *Kaizen* promove ações de curto prazo com foco na eliminação de desperdícios e na padronização de processos. Ao aplicar o *DMAIC* como suporte lógico, essas intervenções ganham maior profundidade analítica e possibilidade de controle posterior, o que as torna sustentáveis ao longo do tempo (Pyzdek; Keller, 2009). Essa sinergia metodológica tem sido reconhecida como avanço na maturidade da melhoria contínua, especialmente em ambientes industriais que enfrentam mudanças estruturais ou reconfigurações operacionais (Schwarz; Schröder; Böhm, 2022).

Nesse contexto, a filosofia *Kaizen* (改善), termo de origem japonesa que significa – "Kai" (改): mudar, alterar; "Zen" (善): bom, melhor, virtuoso – portanto, mudança para melhor, representa um dos fundamentos mais sólidos da gestão industrial moderna. Conceituado por Masaaki Imai (1986) como um processo sistemático de aperfeiçoamento incremental e contínuo, o *Kaizen* envolve todos os níveis da organização na busca por melhorias nos processos, produtos e cultura organizacional. Sua aplicação prática baseia-se em ações de baixo custo, realizadas de forma disciplinada, que ao longo do tempo geram ganhos expressivos em eficiência, qualidade e estabilidade operacional. Tal abordagem contrasta com modelos centrados exclusivamente em inovações radicais, uma vez que propõe o aprimoramento constante como forma de gerar valor sustentável (Imai, 1986; Liker, 2005). A Figura 5 traz a etimologia da palavra *Kaizen*.

Figura 5 – Tradução direta da palavra *Kaizen*



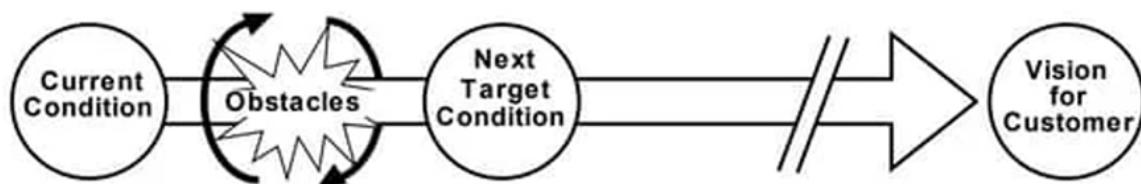
Fonte: Adaptado de Imai (1986)

Essa filosofia está enraizada nos valores culturais japoneses como disciplina, respeito ao coletivo, padronização e engajamento das equipes — elementos reforçados pelas práticas do Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) e por empresas como a Toyota, onde nasceu

o conceito de “melhoria na fonte” (Shingo, 1996). A observação direta no Gemba (local real da operação), o uso de ferramentas simples como os “5 Porquês”, ciclos PDCA, e a padronização operacional são práticas-chave do Kaizen, tanto em ambientes de produção contínua quanto discreta (Kaizen Institute, 2020). Além disso, o envolvimento ativo dos colaboradores não apenas como executores, mas como agentes de melhoria, diferencia o Kaizen como um instrumento de aprendizagem organizacional contínua.

Ao contrário de metas genéricas e abstratas — como reduzir custos ou aumentar eficiência —, a condição alvo proposta por Rother é sempre definida com base na compreensão profunda da condição atual e com foco no próximo estágio do desenvolvimento do processo, e não na visão final ou ideal. Essa abordagem permite estabelecer pequenos desafios incrementais, que são orientados por ciclos rápidos de experimentação e aprendizagem. A condição alvo deve ser mensurável, visualizável e estar situada a uma distância razoável do ponto de partida, permitindo que a equipe aprenda com os obstáculos encontrados no caminho (Rother, 2009). A Figura 6 ilustra esse conceito — nela, observa-se os termos Condição Atual (*Current Condition*), Obstáculos (*Obstacles*), Próxima Condição Alvo (*Next Target Condition*) e Visão para o Cliente (*Vision for Costumer*).

Figura 6 – Sequência de acontecimento de condições



Fonte: Rother (2009)

No contexto de eventos Kaizen, a definição clara dessas duas condições — atual e alvo — é indispensável para que a equipe tenha clareza sobre o ponto de partida e sobre os resultados esperados da intervenção. Isso evita que o *Kaizen* se torne apenas uma série de ações pontuais ou intuitivas, e assegura que as melhorias ocorram dentro de um fluxo lógico, mensurável e coerente com os objetivos estratégicos do negócio. A definição da condição alvo, por exemplo, permite que os indicadores de desempenho sejam construídos com base em metas realistas e desafiadoras, enquanto a análise da condição atual evita decisões baseadas em suposições,

reduzindo retrabalho e aumentando a eficácia da ação corretiva. Esse alinhamento é fundamental para evitar rupturas abruptas e garantir que a nova unidade nasça com um padrão operacional sólido e alinhado à filosofia de melhoria contínua (Mann, 2014; Rother, 2009).

2.6 Spin-off

O conceito de spin-off no contexto da gestão estratégica tem ganhado relevância como uma alternativa eficaz de reorganização empresarial, reposicionamento competitivo e criação de valor sustentável. Em sua essência, um *spin-off* consiste na separação deliberada de uma unidade de negócio, divisão funcional ou operação de uma organização-mãe, a fim de criar uma entidade autônoma, com maior foco estratégico, flexibilidade operacional e independência decisória. Essa estratégia pode ser motivada por múltiplos fatores, incluindo a busca por inovação, a necessidade de adaptação a dinâmicas de mercado, a especialização de processos ou a mitigação de conflitos internos entre diferentes frentes de negócio (Markides, 1995; Vandeveld; Vanhuysse, 2005).

Segundo Porter (1987), a clareza na definição do escopo competitivo e das unidades de negócios contribui para a obtenção de vantagem sustentável, especialmente em ambientes onde a diversificação excessiva pode comprometer o desempenho. Assim, ao criar uma empresa autônoma, o spin-off viabiliza a formação de estruturas mais enxutas e responsivas, que aceleram a tomada de decisão e aumentam a capacidade de inovação e agilidade competitiva.

Do ponto de vista estratégico, os *spin-offs* são instrumentos de realinhamento das competências centrais das empresas, permitindo que cada unidade — matriz e derivada — concentre-se em seus respectivos core business e no atendimento mais preciso às exigências de seus mercados-alvo (Gambardella; Giarratana, 2013).

A implementação de um *spin-off*, no entanto, exige uma abordagem estratégica robusta e multifacetada. É fundamental realizar um diagnóstico completo das capacidades da empresa-mãe, das condições de mercado, da infraestrutura de suporte e das implicações jurídicas, fiscais e organizacionais do processo. Além disso, a transição deve ser acompanhada por uma governança clara, garantindo que a nova entidade possua os recursos — humanos, tecnológicos e financeiros — necessários para alcançar autonomia operacional e sustentabilidade de longo prazo. O desafio está em preservar os ativos intangíveis, como cultura organizacional, conhecimento tácito e relacionamento com clientes e fornecedores, durante o desmembramento estrutural (Kleiner, 2001).

Por isso, a gestão dos estoques de segurança em contextos como de *spin-off* industriais assume um papel estratégico, garantindo a continuidade da operação e a manutenção da presença da empresa no mercado. A mudança física de uma planta, ainda que planejada, tende a gerar oscilações na capacidade produtiva, o que torna o estoque uma ferramenta de amortecimento de risco (Chopra; Meindl, 2021).

Em termos de desempenho, *spin-offs* bem planejados tendem a apresentar ganhos significativos de eficiência e crescimento em comparação com unidades mantidas sob estruturas corporativas mais rígidas. Isso ocorre, em parte, devido ao aumento do foco gerencial e à liberdade para definir estratégias de forma independente, adequando-se mais rapidamente às demandas do mercado. Essa lógica se intensifica no contexto da Quarta Revolução Industrial, em que a descentralização, a agilidade e a digitalização são determinantes para a competitividade organizacional. O *spin-off*, portanto, alinha-se a essas exigências, servindo como catalisador de transformação estratégica e evolução estrutural (Chesbrough, 2003).

2.7 Gestão de Estoque em um *Spin-off*

A gestão de estoques assume papel de relevância estratégica em processos de spin-off de transferência de manufatura, uma vez que atua como amortecedor das incertezas inerentes à transição fabril. O deslocamento de ativos produtivos, aliado à reorganização estrutural e cultural da nova unidade, tende a provocar flutuações temporárias na capacidade de resposta às demandas de mercado. Nesse cenário, o estoque não deve ser compreendido apenas como recurso operacional, mas como mecanismo de resiliência, capaz de garantir o atendimento contínuo ao cliente e evitar perda de participação de mercado durante o período de adaptação. Assim, a formulação de uma política de estoques que equilibre custo e segurança operacional torna-se fundamental para assegurar a estabilidade do spin-off e a confiança dos stakeholders (Chopra; Meindl, 2021; Ballou, 2006).

De acordo com Christopher (2016), a gestão eficaz da cadeia de suprimentos, da qual o estoque é elemento central, é determinante para sustentar vantagem competitiva em mercados altamente dinâmicos. Isso se evidencia de modo ainda mais crítico em *spin-offs* industriais, onde rupturas no fornecimento podem fragilizar a nova entidade diante da concorrência estabelecida, tornando a gestão de estoques um instrumento de preservação da posição competitiva. No campo conceitual, a gestão de estoques pode ser definida como o conjunto de práticas e políticas voltadas ao planejamento, controle e monitoramento dos níveis de inventário, visando conciliar

disponibilidade de produtos e eficiência de capital. Em termos competitivos, sua relevância transcende a dimensão operacional, alcançando diretamente o desempenho mercadológico, já que falhas no abastecimento comprometem a fidelização de clientes e, em última instância, o market share da organização.

3 METODOLOGIA

A metodologia científica é composta por um conjunto sistemático de métodos e técnicas que norteiam o percurso investigativo, permitindo a obtenção de conhecimento confiável e relevante em relação ao problema de pesquisa (Gil, 2010; Zambello et al., 2018).

3.1 Caracterização da pesquisa

A caracterização da pesquisa compreende a definição de seus elementos constitutivos sob quatro perspectivas principais: natureza, abordagem, objetivos e procedimentos técnicos (Prodanov; Freitas, 2013).

Quanto à natureza, esta é uma pesquisa aplicada, pois visa gerar conhecimentos voltados à resolução de um problema concreto, relacionado à gestão operacional em um ambiente fabril submetido a um processo de spin-off industrial. O conhecimento gerado é de uso prático e contribui diretamente para a melhoria dos resultados da organização analisada, especialmente no que tange à produtividade e à manutenção do market share (Fiori; Bezerra, 2018).

No que diz respeito à abordagem do problema, a pesquisa adota um enfoque quali/quantitativo, pois se baseia na mensuração e análise de variáveis operacionais, como tempos de ciclo, taxa de perdas, eficiência por turno, variação de produção e formação de estoques. Os dados foram organizados estatisticamente e interpretados com o uso de ferramentas específicas de análise, permitindo inferências objetivas e reproduzíveis (Vergara, 2011).

Com relação aos objetivos, trata-se de uma pesquisa explicativa, pois busca identificar as relações causais entre os gargalos produtivos identificados e os impactos sobre a estabilidade operacional durante a transição fabril. Essa abordagem foi escolhida para possibilitar o desenvolvimento de ações corretivas com base em hipóteses testáveis e fundamentadas em dados (Gil, 2010).

Do ponto de vista dos procedimentos técnicos, caracteriza-se como um estudo de caso. O estudo de caso é adequado para investigar fenômenos contemporâneos inseridos em contextos

reais, onde os limites entre fenômeno e contexto são tênues. Já a pesquisa-ação envolve a participação ativa do pesquisador no processo de mudança, com o objetivo de promover transformações no ambiente estudado. Neste caso, as intervenções foram desenvolvidas e implementadas em conjunto com os colaboradores da empresa (Yin; Thiollent, 2011).

3.2 Técnicas de coleta de dados

A coleta de dados foi realizada por meio de múltiplas técnicas, com o objetivo de assegurar robustez e triangulação das informações. Foram utilizados:

- Documentos operacionais (fontes primárias), como relatórios de produção, planilhas de controle, histórico de falhas e indicadores de desempenho. Essas fontes são consideradas autênticas por estarem diretamente ligadas ao objeto de estudo.
- Observação direta estruturada, com foco no acompanhamento in loco das atividades produtivas, buscando capturar dados sobre o comportamento real dos processos e suas variações.
- Chokotei, técnica japonesa que consiste na coleta manual e em tempo real de dados operacionais por parte dos operadores e observadores. Essa prática permite maior sensibilidade na identificação de desperdícios e variações.

Para a análise dos dados, foi adotada uma abordagem estruturada com base no ciclo DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control), originado da metodologia Seis Sigma. As principais técnicas analíticas utilizadas foram:

- Diagrama de Pareto, para priorização de causas e impactos.
- Diagrama de Ishikawa e 5 Porquês, para identificação de causas raízes.
- Folhas de verificação, target sheets e indicadores visuais para monitoramento dos resultados.
- Análise estatística descritiva, como médias, desvios-padrão e taxas de ocorrência de falhas.

3.3 Procedimentos metodológicos - Etapas

Os procedimentos metodológicos descrevem o passo a passo da execução da pesquisa, estruturados a partir das cinco fases do ciclo DMAIC, garantindo a aplicação prática da filosofia Kaizen aliada ao rigor analítico do Seis Sigma. Cada etapa foi desenvolvida com o objetivo de garantir a eficácia da intervenção, bem como sua replicabilidade futura em contextos

organizacionais semelhantes. O processo foi documentado em sua totalidade para permitir o aprendizado organizacional e a retroalimentação contínua.

1. *Define* (Definir): mapeamento do escopo do problema, definição da condição atual e da condição alvo com base em dados reais e percepções do *Gemba*, e alinhamento dos objetivos com os stakeholders; período: abril/2024.

2. *Measure* (Medir): coleta de dados primários e secundários por meio de observação direta, *chokotei* e análise documental. Priorização dos principais problemas por meio de Pareto; período: dados coletados *in loco* em abril/2024 e dados digitais filtrados de maio/2023 até abril/2024.

3. *Analyze* (Analisar): identificação das causas raízes com o uso de ferramentas de qualidade. Realização de reuniões Kaizen com equipes interdisciplinares para validação das hipóteses; período: maio/2024 a junho/2024.

4. *Improve* (Melhorar): aplicação de contramedidas baseadas em ciclos PDCA. Implementação de melhorias como padronização de processos, reequilíbrio de linhas, e aumento planejado de output; período: julho/2024.

5. *Control* (Controlar): estabilização das melhorias por meio de controles visuais, treinamento da equipe, auditorias periódicas e monitoramento dos indicadores via *target sheets*; período: agosto/2024.

4. RESULTADOS

4.1 Caracterização da empresa

A organização em análise é uma multinacional de origem norte-americana, fundada no início do século XX, que ao longo de sua trajetória consolidou-se como uma das principais referências mundiais no setor de saúde. Sua história é marcada pela diversificação tecnológica e pela capacidade de inovação, que a levaram a expandir-se para além de suas operações iniciais e a atuar em diferentes segmentos industriais, mantendo, contudo, uma forte ênfase em produtos e soluções voltadas para a área médica e hospitalar. A empresa possui operações em mais de 70 países, com presença em todos os continentes, e seus produtos alcançam clientes em mais de 200 mercados globais.

O portfólio da companhia é diversificado e contempla linhas voltadas à prevenção e controle de infecções, esterilização hospitalar, adesivos médicos, produtos odontológicos,

materiais para cuidados cirúrgicos, terapias para o tratamento da pele e dispositivos para saúde bucal. Essa gama de produtos a posiciona como fornecedora estratégica de hospitais, clínicas, consultórios odontológicos e centros de pesquisa, contribuindo para o fortalecimento de sua imagem no mercado internacional.

Outro aspecto de destaque está na sua estrutura de capital humano. A corporação conta com mais de 90 mil colaboradores ao redor do mundo, distribuídos entre áreas de pesquisa, desenvolvimento, manufatura, logística e funções administrativas. Parte significativa dessa força de trabalho está direcionada para inovação, o que explica a elevada taxa de patentes registradas anualmente e sustenta sua vantagem competitiva. A estratégia de valorização da pesquisa e desenvolvimento é considerada essencial para sua permanência como referência no setor de saúde, caracterizado por intensa regulação e rápidas transformações tecnológicas.

4.2 Mapeamento da realidade empresarial

Nesse contexto, a empresa conta com unidades industriais estrategicamente localizadas em diferentes países, sendo algumas delas voltadas à produção de dispositivos médicos de alta criticidade. Dentre essas unidades, destaca-se o complexo basileiro, no Estado de São Paulo, de manufatura de dispositivos odontológicos e hospitalares, com foco especial em seringas de resina utilizadas em restaurações dentárias. Essa planta combina operações semi-automatizadas e manuais, compondo uma cadeia de suprimentos global que exige rígidos padrões de qualidade, rastreabilidade e conformidade regulatória, uma vez que seus produtos são destinados a mercados altamente sensíveis.

A realidade empresarial dessa unidade específica é marcada pelo equilíbrio entre escala produtiva e necessidade de padronização. Tanto busca atender volumes significativos para sustentar o market share global da companhia, tanto deve lidar com as exigências particulares de clientes e órgãos regulatórios em diferentes países. Por isso, sua estrutura de manufatura é desenhada não apenas para produzir em quantidade, mas para assegurar a conformidade com padrões internacionais de segurança e eficácia.

Além disso, a unidade é campo de aplicação de metodologias de melhoria contínua, como *Lean Manufacturing*, *Six Sigma* e *Kaizen*. Essas práticas ajudam a ampliar outputs, reduzir desperdícios e garantir que eventuais transições — como processos de transferência fabril ou reorganizações estratégicas — não comprometam a disponibilidade dos produtos no mercado.

Essa empresa deve passar por uma situação de *spin-off* e mudanças estruturais. Por isso, essa capacidade de adaptação torna-se crítica, já que a interrupção no fornecimento poderia impactar negativamente a fidelidade dos clientes e a participação da organização nos mercados em que atua.

4.3 Propostas de melhoria

4.3.1 Definir

O pré-kaizen é o processo em que se inicia o ciclo DMAIC, contemplando as fases D – definir, M – medir e A – analisar. Nesse viés, definiu-se o cenário atual, bem como o objetivo (descrito abaixo como Y) e as causas raízes (descritas abaixo como Xs), valendo-se dos principais gargalos e *downtimes* que impactavam os processos. Em seguida, coletou-se o tempo de ciclo de cada etapa dos processos, tempos e número de ocorrências de cada *downtime* e as condições de cada implemento. Dessa forma, a análise foi feita identificando os tipos de *muda* e outras ferramentas para tratar dados.

4.3.1.1 Condição Atual

O *workcenter* em questão tem uma produção média de aproximadamente 140.000 seringas por mês, sem avanços significativos devido à estagnação das linhas, funcionando com 2 máquinas, sendo 1 do tipo A e 1 do tipo B, operando em dois turnos de aproximadamente 6,5 horas por dia, em uma média de 22 dias por mês. A mão de obra (M.O.) se divide em 1 operador para a máquina A, 1 operador e 1 ajudante para a máquina B e 1 *spiderwater* - ajudante que fica responsável por todo o *workcenter*, olhando as sua necessidade de cima e amparando os pontos urgentes, fazendo uma analogia com os tentáculos de uma aranha d'água sobre uma superfície. A produção sobre as circunstâncias atuais está na Tabela 1.

Tabela 1 – Cenário Atual de Produção

Máquina	Quantidade	M.O.	Turno	Horas	Dias
A	1	1	2	6,5	22
B	1	2	2	6,5	22

Fonte: Autor (2025)

Dessa forma, na Tabela 2 calculou-se um número que se aproxima da produtividade atual através da disponibilidade nominal do *workcenter*. Nesse caso, o número de *outputs* é o número

médio do total de produtos bons coletados por sensores no final das duas linhas por mês, e os dados de produtividade são baseados em uma série histórica em que se considerou itens que podem ser retrabalhados durante o processo e podem ser adicionados manualmente no final das linhas.

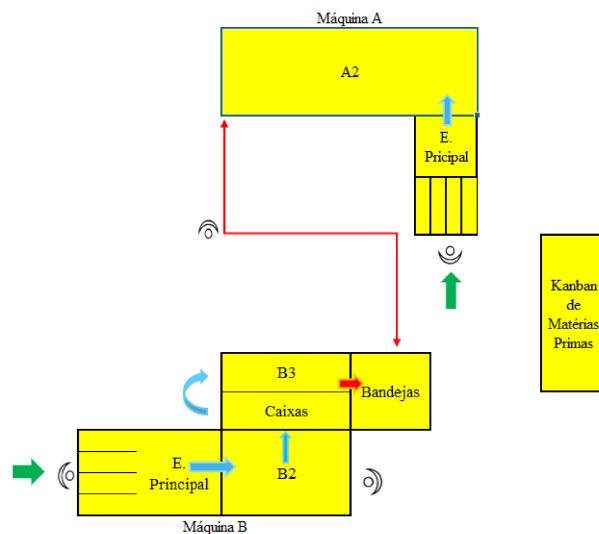
Tabela 2 - Cenário Atual de Produtividade

Máquina	Disponibilidade Nominal (min.máq)	Outputs (#)	Produtividade (syr/min)
A	17.160,00	140.000,00	4,50
B	17.160,00		4,30

Fonte: Autor (2025)

Nesse cenário, a máquina B dispõe de um *layout* flexível para mudanças. Ele é constituído por 3 bancadas, das quais uma comporta a estação principal, a segunda comporta as estações B2 e B3 e as bandejas de alocação. Já a máquina A possui um *layout* fixo e mais complexo para se reorganizar. A Figura 7 representa a arrumação física do *workcenter*.

Figura 7 – *Layout* do *workcenter*



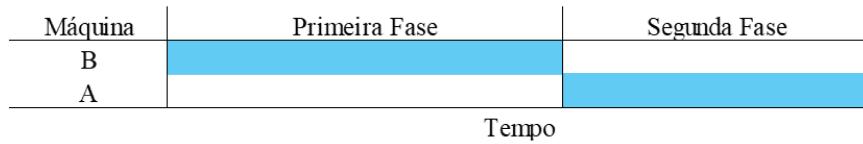
Fonte: Autor (2025)

As setas verdes representam a entrada de material (atrás dos operadores de envase), as setas azuis indicam o fluxo do material dentro de cada estação de trabalho e as setas vermelhas representam a saída dos materiais.

4.3.1.2 Condição Alvo

Para o *Spin-Off*, cogita-se realizar a mudança em duas etapas: inicialmente, desligar e levar uma das máquinas, enquanto a outra produz e, em seguida, ligar a que já se mudou e produzir enquanto desliga e leva a outra. Sendo assim, pensou-se em aumentar 1 turno por dia durante um determinado período que uma máquina vai ter que trabalhar sozinha. A Tabela 3 mostra um possível cronograma com as linhas azuis representando o tempo de operação de cada máquina ao longo do processo de separação.

Tabela 3 – Tempos de Operação em 3 turnos



Fonte: Autor (2025)

Para que essa mudança seja bem-sucedida, o *marketshare* desses produtos deve ser mantido, sem que a quantidade de *outputs* seja comprometida. Dessa forma é necessário aumentar a produtividade por máquina, visto que o número de máquinas diárias será reduzido, conforme mostra a Tabela 4.

Tabela 4 – Cálculo de Disponibilidade Nominal por Cenário

Cenários	Atual	Desejado
Máquinas/dia	2	1
Turnos/dia	2	3
Total (máq/dia)	4	3
Horas	6,5	6,5
Dias	22	22
<i>Outputs</i>	140.000	140.000
Disponibilidade	34.320	25.740
Produtividade	4,3	5,9
	4,5	5,9

Fonte: Autor (2025)

4.3.2 Medir

Nesse momento, o ponto de partida e o ponto no qual se deseja chegar já são conhecidos. Portanto, o próximo passo a ser definido é o trajeto entre eles. Segundo o DEMAIC, tal caminho é desenvolvido pela análise de dados que tem como resultado uma função $Y(x)$ – neste caso, considerada como a produtividade do *workcenter* – e os x serão atribuídos a *downtimes* e outras atividades que comprometem a disponibilidade e a performance das máquinas.

Para a máquina A, os dados foram coletados através do próprio sistema digital integrado que a companhia utiliza para gerenciar seus implementos industriais. Para a B, os dados foram coletados por meio de relatos digitalizados feitos pelo líder da linha e um *chokotei* inserido no local para os relatos da operação.

Ao mensurar processos, o diagrama de Pareto é o mais indicado para correlacionar volume de paradas não programadas e o impacto causado por cada uma delas. Dessa forma, valendo-se desde o sistema digital de gestão de máquinas da empresa ao simples papel impresso, dois diagramas foram desenvolvidos, um para cada máquina, com dados de 12 meses anteriores (mai/23 até abr/24) para a máquina A e 1 para a B – já que o implemento não tem dados armazenado em nuvem, esses foram coletados através de um *chokotei* durante o pré-kaizen (abr/24). A Tabela 5 apresenta os valores coletados da máquina A.

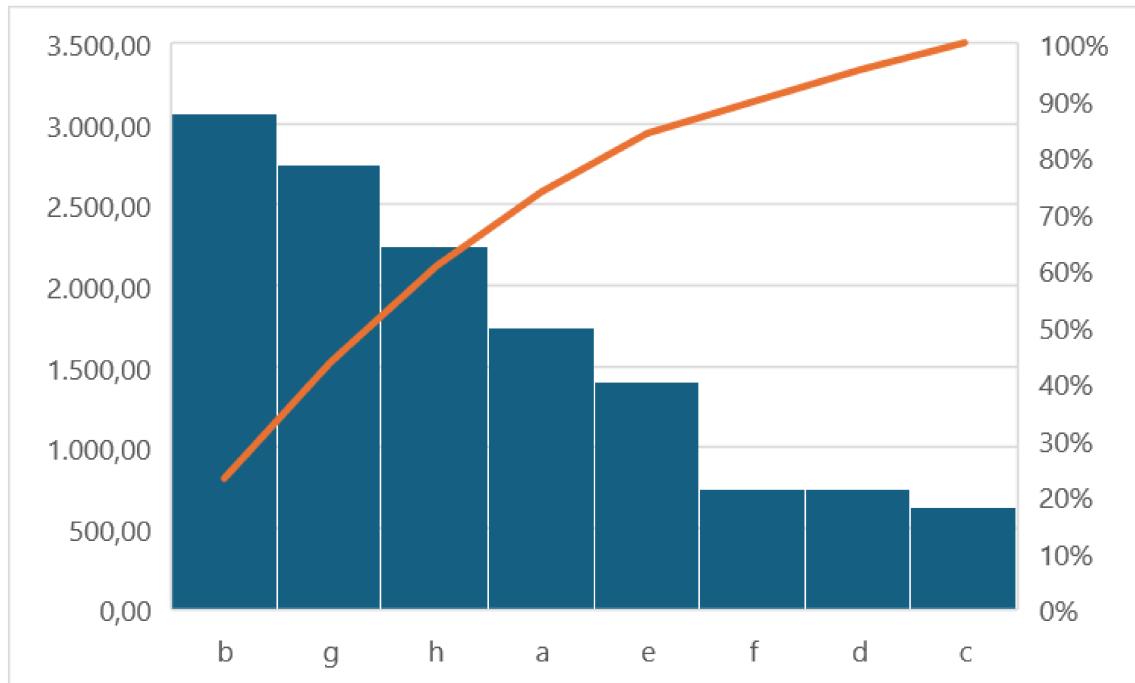
Tabela 5 – Número de Ocorrências e Duração de Paradas não Programadas: Máquina A

<i>Downtimes</i>	Duração (min)	Ocorrências (#)	Média (min/#)
b	3.064,60	684,00	4,50
g	2.742,50	672,00	4,10
h	2.246,50	528,00	4,30
a	1.735,40	456,00	3,80
e	1.403,60	264,00	5,30
f	741,00	216,00	3,40
c	632,60	150,00	4,20
d	738,00	114,00	6,50
TOTAL	13.304,40	3.084,00	4,30

Fonte: Autor (2025)

Correlacionando número de ocorrências com a duração de cada *downtime*, o Gráfico 1 foi criado para evidenciar os maiores problemas das linhas.

Gráfico 1 – Pareto da Máquina A: *downtimes* vs. duração em minutos no período de maio de 2023 a abril de 2024.



Fonte: Autor (2025)

Para a máquina B, os dados coletados de forma empírica, *in loco*, pelo próprio líder da linha estão apresentados na Tabela 6. Esses mostraram altas discrepâncias e dois *downtimes* - postos b e g, inserção de uma peça interna da seringa e montagem de corpo envasado com o restante da seringa, respectivamente - se sobrepujaram de tal forma que os outros somados ficaram irrisórios.

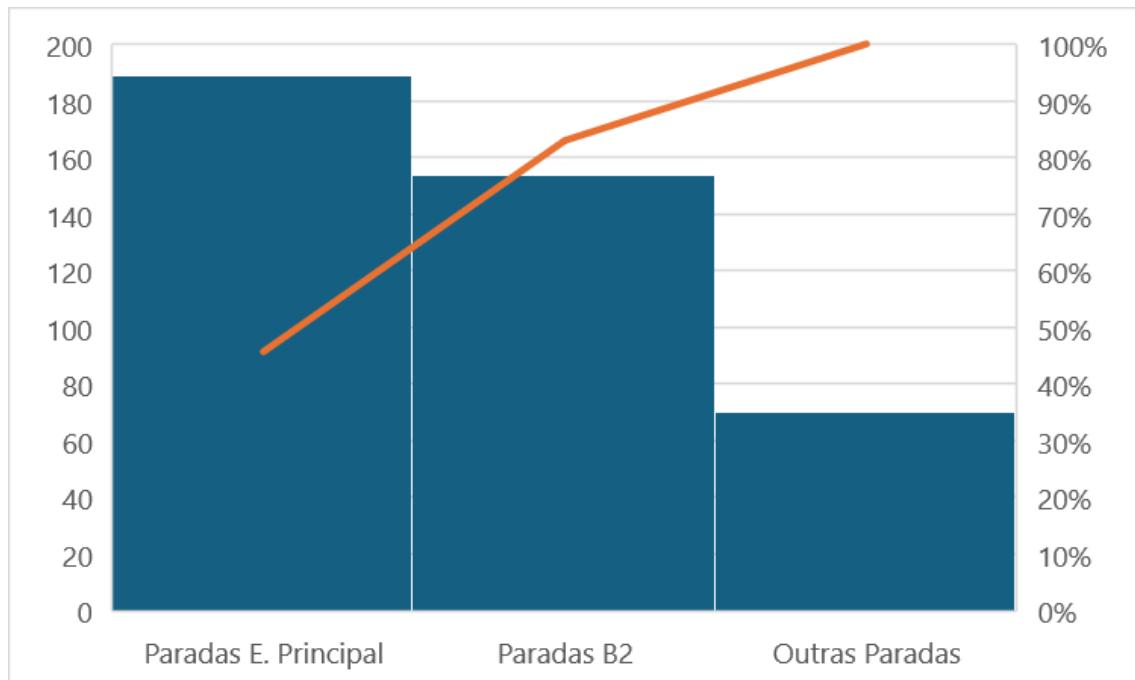
Tabela 6 – Número de Ocorrências e Duração de Paradas não Programada na Máquina B

<i>Downtimes</i>	Duração (min)	Ocorrências (#)	Média (min/#)
Paradas E. Principal	189	2	94,5
Paradas B2	154	4	38,5
Outras Paradas	70	5	14
TOTAL	13.304,40	3.084,00	4,30

Fonte: Autor (2025)

Correlacionando número de ocorrências com a duração de cada *downtime*, o Gráfico 2 foi criado para evidenciar os maiores problemas das linhas.

Gráfico 2 – Pareto da Máquina B *Downtimes* vs. duração em minutos em abril/2024



Fonte: Autor (2025)

Isto posto, os pontos a serem investigados ficam evidentes para identificar os problemas, determinar as causas raízes e executar ações imediatas que os corrijam e suportem as melhorias necessárias. O próximo passo é determinar as variáveis.

4.3.3 Analisar

Com os dados coletados, a fase de análise busca compreender as verdadeiras causas dos problemas que impactam a produtividade do *workcenter*. Nesta etapa, são investigados os fatores mais críticos que contribuem para os principais *downtimes* e perdas de desempenho.

4.3.3.1 Determinar variáveis

Nota-se, portanto, que os *outputs* (Y) são influenciados pelos *downtimes* da máquina A nos pontos *b* e *g* (*x*1 e *x*2). Soma-se a isso as trocas de ordem de produção que cada máquina realiza independentemente (*x*3 e *x*4), a duração dos *downtimes* na máquina B (*x*5) e o tempo de máquina parada entre a saída de um turno e chegada do outro (*x*6). A Tabela 7 mostra essas variáveis com os seus valores.

Tabela 7 – Variáveis atribuídas à produtividade

Variáveis	Métricas	Máquina
Y1	<i>outputs</i>	Ambas
x1	<i>downtime b</i>	A
x2	<i>downtime g</i>	A
x3	Troca de OP	A
x4	Troca de OP	B
x5	Paradas	B
x6	Troca de Turno	Ambas

Fonte: Autor (2025)

4.3.3.2 Análise das variáveis no Gemba

Na fase de análise, identificaram-se diversas oportunidades de melhoria relacionadas à eficiência operacional e à disponibilidade das máquinas.

- Troca de Turno

Um dos fatores observados foi a execução da rota de limpeza, inspeção e lubrificação ao final de cada turno. Como essa atividade não possuía um tempo padronizado, os operadores interrompiam a produção antes do término do expediente, resultando em períodos de inatividade de duração variável e impactando a troca de turnos. Esse comportamento reduzia a produtividade ao diminuir o tempo efetivo de operação das máquinas.

- Movimentação desnecessária

Outra ineficiência detectada ocorreu na máquina A, onde o operador precisava contornar o equipamento para transportar as seringas montadas até à bandeja. Esse deslocamento adicional representava um desperdício de tempo e movimento, contribuindo para a redução da performance.

- Restrições do processo

Além disso, a peça de encaixe em *b* possuía um formato de cone, cuja extremidade mais fina deveria atuar como um guia/convite para o corpo da seringa, mas a configuração desse componente causava dificuldades no processo. Em *g*, a ferramenta de montagem apresentou um problema relacionado à sua rigidez excessiva, o que ocasionava riscos em algumas seringas e compromete a qualidade do produto – consequentemente, descarte ou retrabalho. Além disso,

seu peso representava uma carga adicional para o sistema da máquina, dificultando o seu funcionamento e possivelmente contribuindo para desgastes e falhas ao longo do tempo.

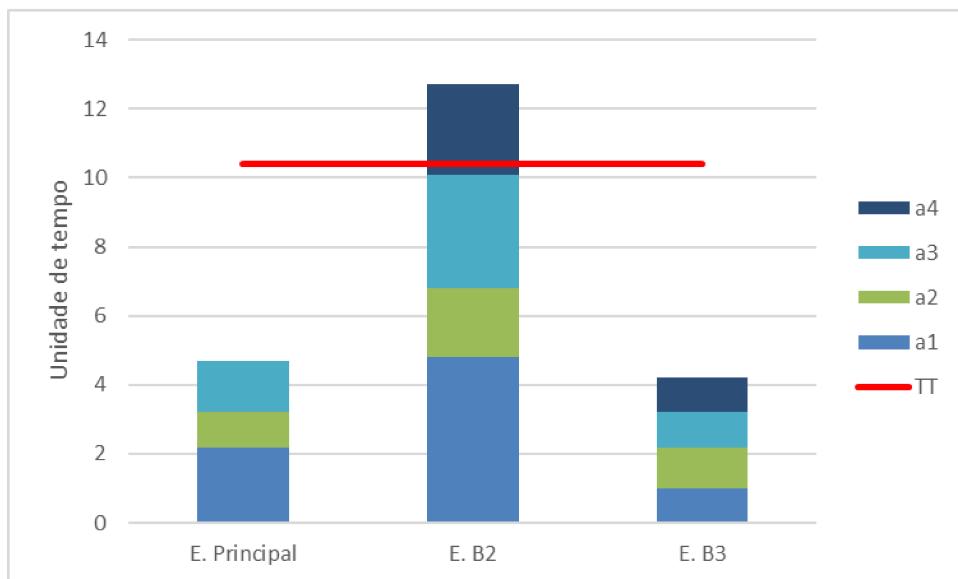
- Troca de Ordem

Outro ponto crítico identificado foi a perda de tempo decorrente da troca de ordens de produção. Esse problema estava relacionado ao excesso de papelada e ao mau uso do scanner de código de barras, que resultaram em atrasos na liberação das ordens e na organização do fluxo produtivo.

- Estabilidade – máquina B

Na máquina B, foram observados fatores que comprometem a desenvoltura e a organização do trabalho. A balança utilizada poderia estar melhor posicionada, levemente mais alta. Além disso, os materiais poderiam ser dispostos de maneira mais funcional e menos distantes do operador, o que diminuiria o tempo de movimentação e facilitaria a execução das tarefas. O gráfico de balanceamento de operação (GBO) - representado abaixo pelo Gráfico 3 - evidenciou um desbalanceamento na distribuição das atividades (a_n), medidas através de cronômetro, *in loco*, o que gerava inconsistências na produtividade da linha.

Gráfico 3 - GBO Máquina B Pré-Kaizen



Fonte: Autor (2025)

Diante dessas constatações, a análise revelou a necessidade de ajustes no fluxo operacional, na disposição de materiais e na ergonomia do posto de trabalho, além da

padronização de processos para minimizar perdas de tempo e melhorar a disponibilidade dos equipamentos.

Isto posto, observa-se que esses subsídios são fundamentais para a próxima etapa, que consiste na implementação de melhorias durante a semana *Kaizen*.

4.3.4 Melhorar

Durante a semana de realização do Kaizen, a equipe foi composta por 13 pessoas, organizadas estrategicamente em subtimes conforme os downtimes observados nos processos produtivos. Essa divisão permitiu um foco direcionado na resolução dos principais problemas identificados, garantindo maior eficiência na implementação das melhorias. O time de Produção e Processos ficou responsável por abordar questões relacionadas à troca de ordem e troca de turno, além da análise de movimentos e disposição de materiais. Não obstante, o time de Manutenção e Projetos ficou encarregado de solucionar problemas relacionados às restrições mecânicas e estruturais do processo, focando especialmente nas peças que impactavam a performance das máquinas.

- Troca de Turno

Uma das primeiras medidas foi a revisão do padrão da rotina de limpeza, estabelecendo a padronização da limpeza no início do turno em vez de no final. Essa mudança elimina a incerteza do tempo de parada antes da troca de turno, garantindo um melhor aproveitamento do tempo produtivo, pois aumenta o tempo útil da operação, reduzindo o impacto na disponibilidade das máquinas.

- Movimentação desnecessária

Outra iniciativa envolveu a reconfiguração do *layout* para eliminar movimentações desnecessárias. Na máquina A, o fluxo foi ajustado para que o operador não precisasse mais contornar a máquina para transportar as seringas montadas até a bandeja de transporte, reduzindo de tempo e esforço gastos.

- Restrições do processo

Além disso, foi implementada uma melhoria em *b* e em *g*, com a substituição das peças metálicas por impressas em 3D. Em *b* foi construído um convite em formato de漏斗 garantindo um encaixe mais eficiente do corpo da seringa. E em *g*, a peça que apresentava problemas foi substituída, agora mais leve, deixou de riscar as seringas, reduzindo o esforço da máquina durante a montagem.

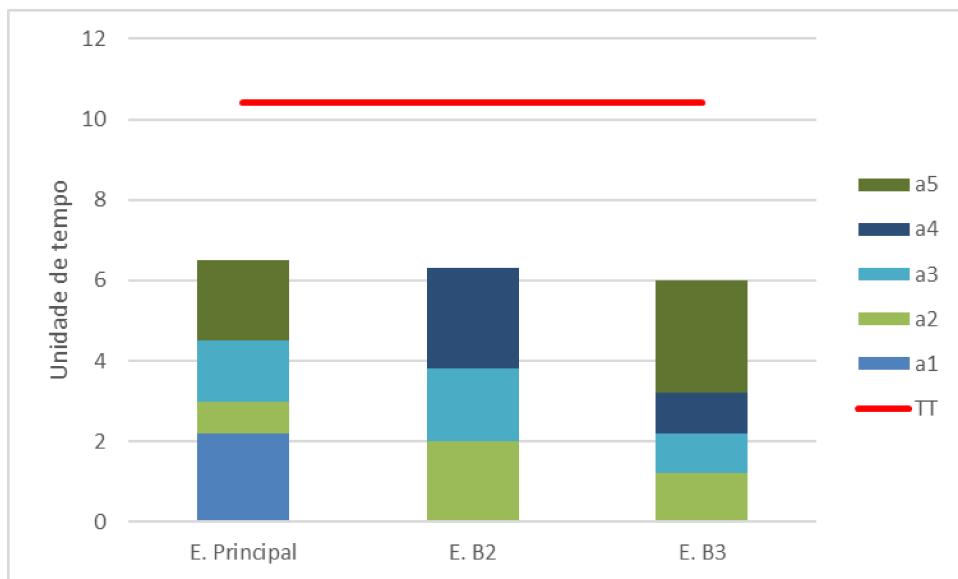
- Troca de Ordem

Para a gestão de materiais e ordens de produção, foram implementadas a padronização do método de solicitação de materiais e a padronização do processo de registro de insumos no sistema. Isso minimiza o tempo perdido com excesso de papéis e melhora o uso do scanner de código de barras, tornando a troca de ordens de produção mais ágil e eficiente. A organização dos materiais também foi ajustada, garantindo melhor disposição e acessibilidade para os operadores.

- Estabilidade – máquina B

A linha B, que apresentava um desbalanceamento na distribuição das atividades, foi reorganizada com a criação de um Gráfico de Balanceamento de Operadores, garantindo uma distribuição mais uniforme do trabalho. Algumas atividades (a_n) sofreram alterações como a a1 de Estação B2 que foi distribuída como a5 entre os operadores da estação principal B3; e a a1 de B3 foi extinta em detrimento do arranjo do *layout*. Além disso, o tempo total de processo foi reduzido por meio de ajustes na velocidade do motor de rosqueamento, como é observado no Gráfico 4.

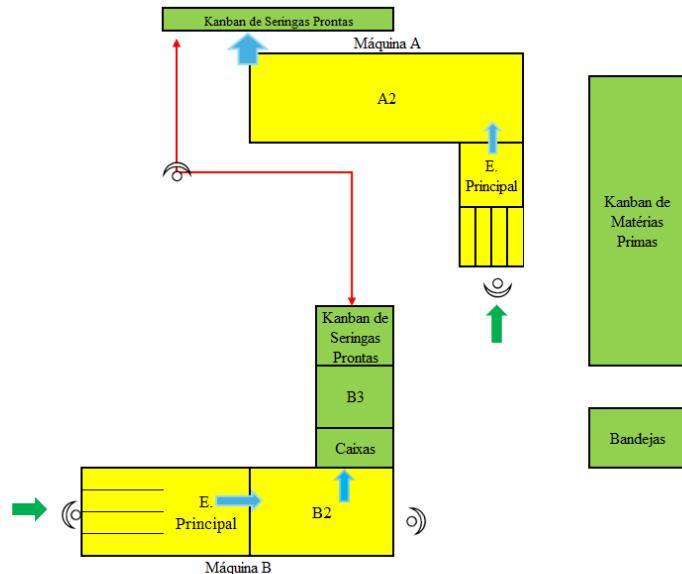
Gráfico 4 - GBO Máquina B Balanceado



Fonte: Autor (2025)

Por fim, os materiais auxiliares foram redistribuídos estrategicamente, melhorando o acesso e reduzindo deslocamentos desnecessários. A Figura 8 mostra o arranjo do *layout* evidenciando as melhorias com a cor verde..

Figura 8 - Novo *Layout* da Sala de Seringas



Fonte: Autor (2025)

Diante dessas melhorias citadas acima, alguns ganhos foram calculados através do resultado de cada ponto observado; e ao final do trimestre, uma nova média de volume produzido por mês foi calculada e comparada com o baseline do pré-*kaizen*.

A questão central deste trabalho consistiu em avaliar se a fábrica conseguiria manter sua produção no cenário desejado, operando com apenas uma máquina em três turnos, sem comprometer o fornecimento ao mercado. Os resultados confirmaram que a meta foi alcançada. A soma das melhorias implementadas ao longo do evento *Kaizen*, estruturado pelo ciclo DMAIC, proporcionou ganhos diretos de 18%, provenientes da padronização da troca de turnos, da reorganização do *layout*, da manutenção em postos críticos, da reorganização e digitalização de processos e do balanceamento de linhas manuais. Somaram-se a esses resultados fatores complementares, como o maior engajamento da operação, a qualidade da matéria-prima e a intensificação da manutenção preventiva, que elevaram o ganho global a 23%.

Em termos de disponibilidade, o cenário atual apresenta 34.320 horas/mês, enquanto o cenário desejado, com apenas uma máquina operando em três turnos, reduz esse valor para 25.740 horas/mês, representando uma perda de 8.580 horas. Entretanto, o ganho global de 23% em produtividade correspondeu a aproximadamente 7.894 horas adicionais, elevando a disponibilidade efetiva para 33.634 horas/mês (Tabela 9). Esse valor é praticamente igual ao

patamar do cenário atual, evidenciando que as melhorias implementadas foram suficientes para compensar a perda de capacidade instalada e assegurar a estabilidade operacional.

Tabela 8 - Resumo de Ganhos

Pontos observados	Causa Raiz	Ações	Esforço	Resultado em Aumento de Outputs
Troca de tumo	Ausência de Padrão	Padronização de Troca de tumo e rota de limpeza	Baixo	5%
Movimentação	Layout irregular	Arranjo de layout	Alto	3%
Restrição do processo	Repetibilidade Máq. A	Manutenção fina	Alto	3%
Troca de ordem	Excesso de procedimentos	Paperless e sistematização	Baixo	2%
Estabilidade Máq. B	Atividades Desbalanceadas	Balanceamento de Linha	Baixo	5%
GANHO TOTAL DE VOLUME DE PRODUÇÃO/MÊS				18%

Fonte: Autor (2025)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 Conclusões do trabalho

Os resultados alcançados revelam um quadro altamente positivo e superior às expectativas delineadas no planejamento inicial. A Tabela 9 traz a evolução atrelada ao projeto depois de 3 meses de análise e a adição com a perspectiva da transferência.

Tabela 9 - Mapa evolutivo do projeto

Métrica	Atual	Desejado (plano)	Obtido (real)
Máquinas em operação	2	1 (transição)	1 (com ganhos)
Turnos	2 x ~6,5h	3 x ~6,5h	3 (com padrões e balanceamento)
Disponibilidade (min. máq/mês)	34320	25.740 (-8.580)	33.634 (+7.894 sobre o desejado)
Output (unidades)	~140.000/mês	Risco de queda	+23% (sobre o pré-Kaizen)
Estoque de segurança	Zero	Necessário	Viabilizado
Risco de ruptura	Moderado (gargalos)	Alto sem melhorias	Baixo (ganhos sustentados)
Marketshare	Mantido (pré-transição)	Ameaçado	Preservado

Fonte: Autor (2025)

A disponibilidade das máquinas, que deveria cair de forma significativa com a redução temporária de recursos, não apenas foi preservada, mas ampliada, demonstrando a eficácia do balanceamento de turnos e da padronização das atividades. O incremento de 23% no *output* em

relação ao período pré-Kaizen ilustra de maneira inequívoca o impacto das melhorias implementadas, traduzindo-se em maior produtividade e eficiência global do processo. De igual modo, a criação do estoque de segurança, inexistente no cenário anterior, não só viabilizou a estabilidade operacional como também reduziu o risco de ruptura a níveis baixos e sustentáveis.

Diante do exposto, conclui-se que o projeto de melhoria proposto não apenas superou os riscos inicialmente previstos, mas também conseguiu fortalecer a operação. A manutenção da estabilidade produtiva permitiu não só preservar o *market share*, como também ampliar a disponibilidade do *workcenter*. Dessa forma, tornou-se possível viabilizar o estoque de segurança e a consequente redução do risco de ruptura a patamares mínimos. O que demonstra que a gestão orientada pela filosofia da melhoria contínua é capaz de transformar contingências em resultados sustentáveis.

5.2 Limitações do estudo

Apesar dos avanços alcançados, o estudo apresentou algumas limitações. A análise concentrou-se em apenas uma linha produtiva, restringindo a extração imediata de suas conclusões para outros setores fabris da organização. Ademais, não foi possível realizar análises financeiras detalhadas sobre o custo e o impacto econômico da criação de estoques de segurança, em função da indisponibilidade de dados consolidados no período da pesquisa. Outro fator limitante foi o tempo destinado à realização do evento *Kaizen*, o que impediu a implementação de melhorias mais estruturais e de longo prazo, que demandam investimentos adicionais e prazos ampliados.

5.3 Trabalhos futuros

Recomenda-se que estudos futuros ampliem o escopo para outras áreas produtivas da empresa, a fim de avaliar a replicabilidade dos ganhos em diferentes processos fabris. Sugere-se, também, aprofundar a análise econômico-financeira da criação de estoques de segurança em ambientes enxutos, visando equilibrar custo e resiliência operacional. Outra perspectiva promissora envolve a integração do DMAIC e do *Kaizen* a ferramentas da Indústria 4.0, como monitoramento em tempo real, análise preditiva e automação, de modo a potencializar os resultados já alcançados. Finalmente, estudos de médio e longo prazo poderiam investigar os impactos das melhorias em indicadores de qualidade, ergonomia e engajamento das equipes, consolidando a melhoria contínua como processo sistêmico e sustentável dentro da organização.

6 REFERÊNCIAS

- ABQUIM. Relatório anual 2023. Associação Brasileira da Indústria Química. São Paulo: ABIQUIM, 2023.
- Antony, J.; Vinhod, S.; Gijo, E. V. *Lean Six Sigma for small and medium sized enterprises: a practical guide*. Boca Raton: CRC Press, 2021.
- Ballou, R. H. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial*. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- Campos, V. F.; Cury, A. *Gestão da qualidade total*. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1997.
- Chesbrough, H. *Open innovation: the new imperative for creating and profiting from technology*. Boston: Harvard Business School Press, 2003.
- Chopra, S.; Meindl, P. *Supply chain management: strategy, planning, and operation*. 7. ed. Boston: Pearson, 2016.
- Chopra, S.; Meindl, P. *Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operação*. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2021.
- Christopher, M. *Logistics & supply chain management*. 5. ed. Harlow: Pearson, 2016.
- Deming, W. E. *Out of the crisis*. Cambridge: MIT Press, 1990.
- Fiori, M.; Bezerra, C. *Metodologia científica e pesquisa aplicada*. Curitiba: InterSaber, 2018.
- Gambardella, A.; Giarratana, M. General technological capabilities, product market fragmentation, and markets for technology. *Research Policy*, v. 42, n. 2, p. 315–325, 2013.
- George, M. L. *Lean Six Sigma: combining Six Sigma quality with lean production speed*. New York: McGraw-Hill, 2003.
- Gil, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- Imai, M. *Kaizen: the key to Japan's competitive success*. New York: McGraw-Hill, 1986.
- ISO. *ISO 4049: dentistry — polymer-based restorative materials*. Geneva: International Organization for Standardization, 2019.
- ISO. *ISO 10993-1: biological evaluation of medical devices — part 1: evaluation and testing*. Geneva: International Organization for Standardization, 2021.
- Juran, J. M. *Quality control handbook*. New York: McGraw-Hill, 1954.
- Kaizen Institute. *Kaizen™ insight*. Zurich: Kaizen Institute, 2020.
- Klefsjö, B.; Antony, J.; Gijo, E. V. *Six Sigma in small- and medium-sized enterprises*.

- International Journal of Quality & Reliability Management, v. 38, n. 2, p. 379-395, 2021.
- Kleiner, A. The age of heretics: heroes, outlaws, and the forerunners of corporate change. 2. ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2001.
- Liker, J. K. The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill, 2005.
- Mann, D. Creating a Lean culture: tools to sustain Lean conversions. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2010.
- Mann, D. Creating a Lean culture: sustaining a Lean transformation. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.
- Markides, C. Diversification, refocusing, and economic performance. Cambridge: MIT Press, 1995.
- Ohno, T. Toyota production system: beyond large-scale production. Portland: Productivity Press, 1988.
- Pande, P. S.; Neuman, R. P.; Cavanagh, R. R. The Six Sigma way: how GE, Motorola, and other top companies are honing their performance. New York: McGraw-Hill, 2000.
- Prodanov, C. C.; Freitas, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- Pyzdek, T.; Keller, P. The Six Sigma handbook. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2009.
- Rother, M. Toyota kata: managing people for improvement, adaptiveness and superior results. New York: McGraw-Hill, 2009.
- Schwarz, T.; Schröder, S.; Böhm, S. Integrating Kaizen and DMAIC for continuous improvement. *International Journal of Production Research*, v. 60, n. 14, p. 4212-4228, 2022.
- Shingo, S. Study of the Toyota production system. Tokyo: Japan Management Association, 1996.
- Silva, E. L.; Menezes, E. M.; França, R. O. Metodologia da pesquisa científica. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 2016.
- Vandevelde, E.; Vanhuysse, L. Spin-offs from universities: creating a new breed of companies. *Technovation*, v. 25, n. 4, p. 45–56, 2005.
- Vergara, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 14. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- Womack, J. P.; Jones, D. T.; Ross, D. A máquina que mudou o mundo. Rio de Janeiro: Elsevier, 2023.

Yin, R. K.; Thiolent, M. Estudo de caso e pesquisa-ação em administração. São Paulo: Atlas, 2011.

Zambello, A.; et al. Fundamentos de pesquisa científica. Porto Alegre: Penso, 2018.
