

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
MARCELO FELIPE VAZ SANTOS**

**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO PELA
IMPLEMENTAÇÃO DE SIX SIGMA EM UM
LABORATÓRIO ÓTICO**

**Taubaté - SP
2023**

MARCELO FELIPE VAZ SANTOS

**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO PELA
IMPLEMENTAÇÃO DE SIX SIGMA EM UM
LABORATÓRIO ÓTICO**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. Me. Paulo Cesar
Corrêa Lindgren

Coorientadora: Prof^a. Me. Maria Regina
Hidalgo de Oliveira
Lindgren

**Taubaté – SP
2023**

Grupo Especial de Tratamento da Informação - GETI
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBi
Universidade de Taubaté - Unitau

S237o Santos, Marcelo Felipe Vaz
Otimização de processo pela implementação de six sigma em um laboratório ótico / Marcelo Felipe Vaz Santos. -- 2023.
34 f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2023.
Orientação: Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren, Departamento de Engenharia Mecânica.
Coorientação: Prof. Me. Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren, Departamento de Engenharia Mecânica.

1. Laboratório. 2. Lean Manufacturing. 3. Fabricação ótica. 4. Six Sigma. I. Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica. Graduação em Engenharia de Mecânica. II. Título.

CDD – 658.5

MARCELO FELIPE VAZ SANTOS

**OTIMIZAÇÃO DE PROCESSO PELA IMPLEMENTAÇÃO
DE SIX SIGMA EM UM LABORATÓRIO ÓTICO**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia de Produção Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

DATA: 04/12/2023

RESULTADO: APROVADO

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Me. Paulo Cesar Corrêa Lindgren

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: _____



Profª Me. Maria Regina Hidalgo O.Lindgren

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

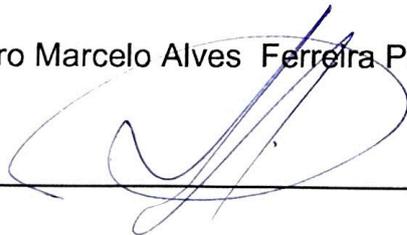
Assinatura: _____



Prof. Me. Pedro Marcelo Alves Ferreira Pinto

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: _____



Dedico este trabalho à minha querida família, que incessantemente me estimulou, ofereceu apoio incondicional e compreendeu as mudanças que vivi ao longo desta importante etapa da minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de perseguir nossos sonhos, reconhecendo sua capacidade de realizar o impossível.

À Universidade de Taubaté (UNITAU), expresso minha gratidão pela formação intelectual que me proporcionou, possibilitando a concretização deste trabalho e o aprimoramento acadêmico.

Ao professor Paulo Cesar Corrêa Lindgren, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade.

À professora Maria Regina Hidalgo de Oliveira Lindgren, minha coorientadora, e ao professor convidado Pedro Marcelo Alves Ferreira Pinto, por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com a qual guiaram o meu aprendizado

Aos colegas de classe, que criaram um ambiente propício para o aprendizado e cultivaram uma atmosfera de trabalho em equipe, tornando as horas dedicadas a este projeto verdadeiramente agradáveis.

Não posso deixar de mencionar meus pais, Itamar e Dilma, cujo entusiasmo e constante incentivo me deram forças para seguir adiante na busca pelos meus objetivos

RESUMO

Este trabalho tem como objetivo analisar e descrever a aplicação bem-sucedida da metodologia Six Sigma em um laboratório de produção de lentes para óculos. Este laboratório desempenha um papel fundamental no fornecimento de lentes oftálmicas para diversas óticas em sua região. Após várias semanas de pesquisa e investigação detalhada, foi observado que o laboratório enfrentava desafios significativos que afetam sua eficiência operacional. Esses desafios incluem a geração de resíduos excessivos, a falta de acessibilidade a ferramentas de trabalho essenciais, uma organização inadequada do inventário e a inobservância dos prazos de entrega de pedidos. Neste projeto, não apenas se reconhecem esses problemas, mas também se propõem soluções práticas. Para isso, foram implementadas ferramentas derivadas tanto da filosofia Lean Manufacturing quanto do ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) do Six Sigma, juntamente com recomendações específicas para aprimorar os processos do laboratório. Algumas das ferramentas e técnicas específicas que foram aplicadas incluem o Diagrama de Causa e Efeito, a Padronização do Trabalho, o Gráfico de Pareto e a Metodologia 5S. Como resultado dessas iniciativas, o projeto obteve uma redução significativa da taxa de resíduos em 41%, ou 0,7% em relação ao valor inicial de 1,7%. Além disso, espera-se que as melhorias implementadas conduzam a um aumento substancial na qualidade dos produtos fabricados no laboratório, bem como a uma eficiência operacional geral. Este trabalho destaca a importância da implementação do Six Sigma e práticas de Lean Manufacturing como abordagens eficazes para melhorar a qualidade e a eficiência operacional em um ambiente de laboratório ótico. Por fim, enfatiza a necessidade de um compromisso contínuo com a excelência operacional e a satisfação do cliente para garantir a competitividade no mercado em constante evolução.

Palavras-chave: Laboratório, lean manufacturing, fabricação ótica, six sigma..

ABSTRACT

This research aims to analyze and describe the successful application of the Six Sigma methodology in an optical lens production laboratory. This laboratory plays a crucial role in supplying ophthalmic lenses to various optical stores in its region. After several weeks of detailed research and investigation, significant challenges affecting its operational efficiency have been identified. These challenges encompass the generation of excessive waste, a lack of accessibility to essential work tools, suboptimal inventory organization, and non-compliance with order delivery deadlines. This project not only acknowledges these issues but also proposes practical solutions. To achieve this, tools derived from both Lean Manufacturing philosophy and the DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) cycle of Six Sigma were implemented, along with specific recommendations to enhance the laboratory's processes. Specific tools and techniques applied include the Cause and Effect Diagram, Work Standardization, Pareto Chart, and the 5S Methodology. As a result of these initiatives, the project achieved a substantial reduction of the waste rate by 41%, or 0.7% from the initial 1.7%. Furthermore, it is anticipated that the implemented improvements will lead to a significant increase in the quality of the products manufactured in the laboratory, as well as overall operational efficiency. This work underscores the importance of implementing Six Sigma and Lean Manufacturing practices as effective approaches to improving quality and operational efficiency in an optical laboratory setting. Finally, it emphasizes the need for continuous commitment to operational excellence and customer satisfaction to ensure competitiveness in an ever-evolving market.

KEYWORDS: Laboratory, Lean Manufacturing, optical manufacturing, Six Sigma.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de Causa e Efeito das causas de geração de defeitos	24
Figura 2 – Gráfico de Pareto das causas de geração de defeitos	24
Figura 3 – Checklist (Lista de Verificações)	27

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

DMAIC	<i>Define, Measure, Analise, Improve, Control</i> (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar)
ERP	<i>Enterprise Resource Planning</i> (Planejamento dos Recursos da Empresa)
ITO	<i>Input, Transformação, Output</i>
JIT	<i>Just in Time</i> ("O Justo, A Tempo")
MRP	<i>Material Resources Planning</i> (Planejamento das Necessidades de Materiais)
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i> (Planejar, Fazer, Checar, Agir)
SMED	<i>Single Minute Exchange of Die</i> (Troca Rápida de Ferramentas)
SIPOC	<i>Supplier, Input, Process, Output, Customer</i> (Fornecedores, Entradas, Processo, Saídas, Clientes)
TPM	<i>Total Productive Maintenance</i> (Manutenção Produtiva Total)
VSM	<i>Value Stream Mapping</i> (Mapeamento do Fluxo de Valor)

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	4
RESUMO	5
ABSTRACT	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	8
1 INTRODUÇÃO	11
1.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo Geral	13
1.2.2 Objetivo Específico.....	13
1.3 Delimitação do estudo	14
1.4 Relevância do estudo	15
1.5 Organização do trabalho	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 O Six Sigma	18
2.2 Integração do Lean Manufacturing com o Six Sigma	18
2.3 Desafios em Laboratórios Óticos	18
2.4 Os principais desperdícios e as ferramentas para combatê-los	19
3 METODOLOGIA	20
3.1 Tipos de Pesquisa.....	20
3.2 Estudo de Caso.....	21
4 DESENVOLVIMENTO	22
4.1 Caracterização da empresa	22
4.2 Aplicação da metodologia Six Sigma	22
4.2.1 Definir	23
4.2.2 Medir	23
4.2.3 Analisar	23
4.2.4 Melhorar	25
4.2.5 Controlar.....	25
4.3 Impactos e Resultados	27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1 Qualidade Aprimorada e Redução de Defeitos:	29
5.2 Eficiência Operacional Aprimorada:	29

5.3 Cultura de Melhoria Contínua e Envolvimento dos Funcionários:.....	30
5.4 Redução de Custos Operacionais e Aumento da Competitividade:	30
6 CONCLUSÃO	32
7 REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

Os laboratórios de produção de lentes para óculos desempenham um papel crucial na indústria ótica, fornecendo lentes oftálmicas de alta qualidade que são essenciais para a saúde ocular e o bem-estar dos usuários. A produção eficiente e livre de erros nesses laboratórios é de extrema importância, uma vez que qualquer defeito ou atraso pode afetar diretamente a visão e a satisfação do cliente. Nesse contexto, a otimização dos processos de fabricação torna-se um objetivo fundamental.

Este trabalho tem como objetivo analisar e descrever a aplicação bem-sucedida da metodologia Six Sigma em um laboratório de produção de lentes para óculos. Este laboratório desempenha um papel vital no fornecimento de lentes para óticas de sua região. Após várias semanas de pesquisa e investigação detalhada, ficou evidente que o laboratório enfrentava desafios significativos que afetam sua eficiência operacional.

Esses desafios incluem a geração de resíduos excessivos, a falta de acessibilidade a ferramentas de trabalho essenciais, uma organização inadequada do inventário e a inobservância dos prazos de entrega de pedidos. O resíduo é um fator crítico, uma vez que qualquer lente defeituosa resulta em desperdício de materiais e recursos, afetando tanto a lucratividade quanto a qualidade. Além disso, a falta de organização do inventário pode levar a erros na seleção de lentes, resultando em pedidos incorretos e atrasos na entrega.

Neste projeto, não apenas reconhecemos esses problemas, mas também propomos soluções práticas para abordá-los. Para isso, serão implementadas ferramentas derivadas tanto da filosofia Lean Manufacturing quanto do ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) do Six Sigma, juntamente com recomendações específicas para aprimorar os processos do laboratório. Algumas das ferramentas e técnicas específicas que foram aplicadas incluem o Diagrama de Causa e Efeito, a Padronização do Trabalho, o Gráfico de Pareto e a Metodologia 5S.

Ao final deste projeto, obteve-se uma redução significativa da taxa de resíduos em 41%, ou seja, de 0,7% em relação ao valor inicial de 1,7%. Além disso, se espera que as melhorias implementadas conduzam a um aumento substancial na qualidade dos produtos fabricados no laboratório, bem como a uma eficiência operacional geral.

Este trabalho destaca a importância da implementação do Six Sigma e práticas de Lean Manufacturing como abordagens eficazes para melhorar a qualidade e a eficiência operacional em um ambiente de laboratório ótico. Por fim, enfatiza a necessidade de um compromisso contínuo com a excelência operacional e a satisfação do cliente para garantir a competitividade no mercado em constante evolução.

1.1 Definição do Problema

O laboratório de produção de lentes para óculos em questão enfrentava desafios operacionais significativos que afetam sua eficiência e qualidade. Esses desafios foram identificados após uma análise aprofundada e incluem:

Geração de resíduos excessivos: O processo de produção resultava em uma quantidade substancial de resíduos, representando um desperdício de materiais e recursos. A taxa de resíduos atual estava em 1,7%, o que impactava negativamente os custos operacionais e a sustentabilidade ambiental.

Falta de acessibilidade a ferramentas de trabalho essenciais: Os operadores do laboratório frequentemente enfrentavam desafios ao acessar as ferramentas e equipamentos necessários para a fabricação de lentes oftálmicas. Isso levava a atrasos na produção, ineficiências e potenciais erros.

Organização inadequada do inventário: O inventário de lentes não estava devidamente organizado por tipo, dificultando a identificação e seleção das lentes corretas. Essa desorganização resultava em erros de pedidos e entregas incorretas, afetando a satisfação do cliente.

Inobservância dos prazos de entrega de pedidos: Os prazos de entrega de pedidos não estavam sendo atendidos de maneira consistente. Isso prejudicava a satisfação do cliente e a reputação do laboratório no mercado.

Esses desafios têm um impacto direto na qualidade dos produtos fabricados no laboratório, na eficiência operacional e na satisfação do cliente. Portanto, era imperativo abordar essas questões de maneira sistemática e eficaz. Este projeto visa não apenas identificar e compreender esses problemas, mas também propor soluções práticas por meio da implementação de ferramentas do Six Sigma e da filosofia Lean Manufacturing. O objetivo foi reduzir a taxa de resíduos em 0,7%, baixando-a para 1,0%, melhorando a eficiência operacional e garantindo que os pedidos sejam entregues dentro dos prazos estabelecidos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho será apresentar um estudo de caso realizado em um laboratório de produção de lentes para óculos, onde serão contextualizadas as práticas e ferramentas utilizadas para solucionar o problema em questão.

1.2.2 Objetivo Específico

O objetivo principal é reduzir a taxa de resíduos gerados durante o processo de fabricação de lentes de 1,7% para 1,0%. Isso será alcançado por meio da identificação e eliminação das principais fontes de resíduos, resultando em uma utilização mais eficiente dos materiais.

Melhorar a eficiência operacional: O estudo visa melhorar a eficiência de todo o processo de produção, reduzindo atrasos e otimizando a utilização de recursos. Isso será alcançado por meio da implementação de práticas de Lean Manufacturing e da padronização de procedimentos de trabalho.

Garantir entregas pontuais: É fundamental garantir que os pedidos sejam entregues dentro dos prazos estabelecidos. O estudo se propõe a otimizar os fluxos de trabalho para assegurar a observância consistente dos prazos de entrega.

Organizar o inventário: Uma organização eficiente do inventário de lentes é essencial para evitar erros de seleção de produtos. O estudo visa implementar um sistema de organização lógica do inventário para melhorar a precisão no manuseio de lentes.

Melhorar a satisfação do cliente: O objetivo final é aprimorar a satisfação do cliente, assegurando que os pedidos sejam precisos, entregues pontualmente e atendam aos padrões de qualidade mais elevados.

Este estudo visa abordar esses desafios de maneira sistemática, aplicando ferramentas do Six Sigma e práticas de Lean Manufacturing. Ao alcançar esses objetivos, espera-se que o laboratório melhore sua competitividade no mercado e mantenha altos padrões de qualidade, resultando em satisfação tanto dos clientes como dos colaboradores internos.

1.3 Delimitação do estudo

Este estudo está estritamente focado na aplicação da metodologia Six Sigma em um laboratório de produção de lentes para óculos.

É importante ressaltar que o estudo apresenta limitações e delimitações que ajudarão a definir seu escopo e alcance. O estudo se aplica a laboratórios de produção de lentes para óculos e não considera outras instalações de produção ótica, como fábricas de armações e centros de varejo de óculos.

As intervenções propostas se baseiam, principalmente, na metodologia Six Sigma e na Filosofia Lean Manufacturing. Outras abordagens de melhoria de processos podem não ser abordadas neste estudo. Embora a redução de custos seja um objetivo indireto, este estudo não inclui uma análise detalhada dos aspectos financeiros e orçamentários relacionados à implementação das melhorias.

Embora a melhoria da satisfação do cliente seja um objetivo, a coleta de *feedback* detalhado dos clientes pode não ser abordada neste estudo. O foco está na melhoria dos processos internos.

1.4 Relevância do estudo

A aplicação da metodologia Six Sigma em um laboratório de produção de lentes para óculos é um empreendimento de extrema importância, pois aborda desafios operacionais fundamentais que têm implicações significativas tanto para a indústria ótica quanto para a saúde ocular dos pacientes. A seguir, são destacados os principais motivos:

Melhoria da Qualidade Oftálmica: A qualidade das lentes oftálmicas é de importância crítica para a saúde ocular dos pacientes. A implementação do Six Sigma visa garantir que as lentes produzidas atendam aos padrões mais rigorosos de qualidade, assegurando uma visão nítida e confortável. Isso não só beneficia os pacientes, mas também fortalece a reputação do laboratório e da marca no setor ótico.

Eficiência Operacional e Redução de Custos: A otimização dos processos de fabricação por meio do Six Sigma resulta em maior eficiência operacional. Isso significa que o laboratório pode produzir mais lentes com os mesmos recursos ou até menos, reduzindo custos de produção. Isso é essencial para manter a competitividade em um mercado em constante evolução.

Sustentabilidade Ambiental: A redução da taxa de resíduos, um dos principais objetivos deste estudo, contribui para a sustentabilidade ambiental. Menos resíduos significam uma pegada ambiental reduzida, promovendo a responsabilidade social corporativa e atendendo às crescentes preocupações ambientais.

Satisfação do Cliente e Fidelização: A entrega pontual de pedidos e a precisão na seleção de lentes resultam em uma melhor experiência do cliente. Isso é crucial em um setor onde a satisfação do cliente está diretamente relacionada à fidelização e à recomendação da marca a outros potenciais clientes.

Competitividade do Mercado: Laboratórios óticos enfrentam uma competição feroz em um mercado em constante transformação. A implementação do Six Sigma e das práticas de Lean Manufacturing torna o laboratório mais competitivo, permitindo que ele ofereça produtos de alta qualidade a preços competitivos.

Aplicabilidade Multissetorial: Embora este estudo se concentre em laboratórios de produção de lentes oftálmicas, as lições aprendidas e as técnicas implementadas podem ser aplicadas em uma variedade de setores de fabricação. Isso significa que a relevância deste estudo se estende além da indústria ótica.

Cultura de Melhoria Contínua: A implementação do Six Sigma promove uma cultura de melhoria contínua dentro do laboratório. Isso significa que a equipe estará preparada para enfrentar futuros desafios de maneira mais eficaz, mantendo altos padrões de qualidade e eficiência.

Contribuição à Pesquisa Acadêmica: Além de seu impacto prático, este estudo também pode contribuir para a pesquisa acadêmica nas áreas de Lean Manufacturing, Six Sigma e otimização de processos em laboratórios de produção. Ele oferece *insights* valiosos que podem informar pesquisas futuras e enriquecer o conhecimento nesses campos.

A aplicação do Six Sigma em laboratórios de produção de lentes para óculos é uma iniciativa de extrema relevância, pois beneficia a qualidade dos produtos, a eficiência operacional, a satisfação do cliente e a competitividade no mercado. Além disso, suas implicações se estendem além do setor ótico, contribuindo para a pesquisa acadêmica e promovendo uma cultura de melhoria contínua no ambiente de trabalho.

1.5 Organização do trabalho

Esse trabalho está estruturado em sete capítulos:

No primeiro capítulo apresenta-se a Introdução, contendo o objetivo geral, objetivo específico, delimitação do tema, relevância do estudo e organização do trabalho.

No segundo capítulo, denominado de Revisão de Bibliográfica, são discutidas as definições das principais áreas relacionadas.

No terceiro capítulo, tem-se a Metodologia aplicada para que este trabalho pudesse ser desenvolvido.

No quarto capítulo é feito o desenvolvimento do trabalho, apresentando a empresa e os procedimentos.

No quinto e sexto capítulos são abordados os Resultados e as Conclusões, respectivamente, e por fim, as Referências Bibliográficas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A aplicação da metodologia Six Sigma em laboratórios de produção de lentes para óculos é um campo de pesquisa que ganhou destaque devido ao seu potencial para aprimorar a qualidade dos produtos e a eficiência operacional. Esta seção analisa as principais áreas de literatura relacionadas a esse tema.

2.1 O Six Sigma

Pyzdek e Keller (2014) afirmam que o Six Sigma, uma metodologia amplamente reconhecida que se concentra na melhoria da qualidade e na redução de defeitos em processos de fabricação e prestação de serviços, tem sido destacado na literatura pelo sucesso dessa abordagem em empresas líderes como a Motorola e a General Electric. O Six Sigma oferece uma estrutura sólida para a análise, otimização e controle de processos, tornando-o relevante para a melhoria dos processos de fabricação em laboratórios óticos.

2.2 Integração do Lean Manufacturing com o Six Sigma

A integração do Lean Manufacturing com o Six Sigma, conhecida como Lean Six Sigma, é uma abordagem poderosa para otimizar a eficiência operacional e eliminar desperdícios. Essa abordagem visa à melhoria contínua e tem demonstrado sucesso em várias indústrias (George, 2016). A combinação de práticas Lean e Six Sigma é particularmente relevante para laboratórios óticos, onde a eficiência e a qualidade são fundamentais.

2.3 Desafios em Laboratórios Óticos

Laboratórios de produção de lentes para óculos enfrentam desafios específicos, como a geração de resíduos, a organização de inventário e a satisfação do cliente. A literatura especializada destaca esses desafios, incluindo questões de

gestão e qualidade (Pignatiello & Rogers, 2015). Entender e abordar esses desafios é fundamental para melhorar os processos e a eficiência nesses laboratórios.

2.4 Os principais desperdícios e as ferramentas para combatê-los

A literatura destaca várias ferramentas e técnicas derivadas do Six Sigma e do Lean Manufacturing que podem ser aplicadas em laboratórios de produção ótica. Isso inclui o Diagrama de Causa e Efeito, o Gráfico de Pareto, a Metodologia 5S e a Padronização do Trabalho (Oakland, 2001). A aplicação dessas ferramentas é essencial para identificar áreas de melhoria, reduzir a variabilidade do processo e otimizar a eficiência operacional.

3 METODOLOGIA

A abordagem metodológica adotada neste estudo foi guiada pelos princípios de pesquisa delineados por Gil (2002), visando responder a questões específicas relacionadas à eficiência operacional em um laboratório de produção de lentes para óculos. A metodologia compreendeu tanto a pesquisa exploratória quanto a pesquisa explicativa, incorporando elementos do estudo de caso para uma análise aprofundada da realidade do laboratório.

3.1 Tipos de Pesquisa

Para atingir os objetivos propostos, a pesquisa adotou diferentes tipos de abordagens:

Pesquisas Exploratórias: Essa etapa foi crucial para aprimorar a compreensão dos desafios enfrentados pelo laboratório. Incluiu levantamento bibliográfico, conversas com profissionais do setor e análises de exemplos relevantes para explicitar os problemas e construir hipóteses.

Pesquisas Descritivas: Focando na descrição detalhada do fenômeno estudado, esta abordagem envolveu levantamentos qualitativos para identificar características operacionais, como geração de resíduos, falta de acessibilidade a ferramentas essenciais e organização do inventário.

Pesquisas Explicativas: A identificação das causas subjacentes aos desafios operacionais foi realizada por meio de pesquisas explicativas. Essa abordagem se alinhou com a intenção de aproximar o estudo da realidade do laboratório, permitindo uma análise mais profunda e suscetível à identificação precisa das causas.

3.2 Estudo de Caso

O emprego da estratégia de estudo de caso, conforme proposto por Yin (2001), proporcionou um conhecimento amplo e detalhado da dinâmica do laboratório de produção de lentes. Esta abordagem investigativa permitiu a análise de situações reais, a preservação da individualidade do estudo, a elaboração de hipóteses e teorias, além de elucidar as causas subjacentes aos desafios operacionais.

Para caracterizar o estudo de caso, adotou-se uma abordagem mista de estudo descritivo e explicativo:

Estudo de Caso Descritivo: As nuances dos eventos interpessoais e operacionais no laboratório foram exploradas, refletindo-se na identificação e descrição minuciosa dos fenômenos associados à produção de lentes oftálmicas.

Estudo de Caso Explicatório: Com o intuito de compreender as causas fundamentais dos desafios operacionais, este estudo se assemelhou ao método explicativo proposto por Yin (2001). Ao analisar a obra *Essence of Decision: Explaining the Cuban Missile Crisis*, de Graham Allison, as teorias estabelecidas para solucionar o problema foram aplicadas de maneira análoga à resolução dos desafios operacionais no laboratório.

Essa abordagem possibilitou uma análise contextualizada, elucidando as relações entre os diferentes desafios enfrentados pelo laboratório e oferecendo uma base sólida para a formulação de estratégias de melhoria.

Por fim, ressalta-se que o presente trabalho se configura como um estudo de caso único, direcionado especificamente ao contexto do laboratório em questão. A intenção não é a generalização para outras unidades ou modalidades de negócio, mas sim fornecer insights aprofundados para aprimoramentos no ambiente específico em análise.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Caracterização da empresa

O laboratório em foco opera com uma equipe dedicada de profissionais que realizam etapas essenciais no processo de produção de lentes. O processo inicia-se com a recepção de pedidos via Mensagem, seguida pela seleção de uma bandeja identificada por número e cor, dependendo do dia da semana em que a mensagem é recebida.

O laboratório enfrenta desafios significativos que impactam diretamente sua eficiência operacional:

Geração de Resíduos: O processo de fabricação resulta em uma taxa de resíduos de 1,7%, sendo as principais fontes relacionadas à máquina de corte, lentes arranhadas, erros na entrada de dados e a máquina de revestimento.

Falta de Acessibilidade a Ferramentas Essenciais: A organização inadequada do local de trabalho dificulta a acessibilidade dos operadores às ferramentas necessárias para realizar suas tarefas de maneira eficaz.

Organização Inadequada do Inventário: O estoque de lentes e materiais não está organizado de maneira eficiente, o que leva a atrasos na localização de itens essenciais.

Descumprimento dos Prazos de Entrega: Os pedidos não estão sendo entregues no prazo desejado, afetando a satisfação dos clientes e a reputação do laboratório.

4.2 Aplicação da metodologia Six Sigma

As fases do ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar) foram cuidadosamente implementadas para abordar os desafios específicos identificados no processo de fabricação de lentes oftálmicas.

4.2.1 Definir

A primeira fase do ciclo DMAIC é crucial para estabelecer o contexto e os objetivos do projeto. No laboratório em questão, identificamos que a geração de resíduos, a falta de acessibilidade a ferramentas essenciais, a desorganização do inventário e o descumprimento dos prazos de entrega eram problemas críticos. Esses problemas foram claramente definidos como alvos para melhorias.

Além disso, foram estabelecidos objetivos específicos, como a redução da taxa de resíduos em 0,7%, melhoria da eficiência operacional e organização do inventário. Esses objetivos foram alinhados com a visão geral do projeto, que visa otimizar o processo de produção de lentes para óculos

4.2.2 Medir

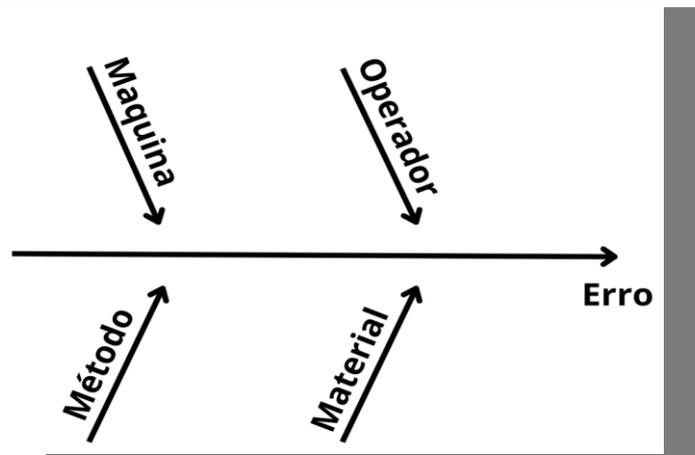
Na fase medir, foram coletados dados relevantes para avaliar a situação atual do laboratório. Identificou as principais fontes de resíduos, incluindo a máquina de corte, lentes arranhadas, erros na entrada de dados e a máquina de revestimento. Além disso, foram conduzidas entrevistas pessoais com os funcionários para obter insights qualitativos sobre os desafios enfrentados no processo.

A análise de dados revelou informações valiosas sobre os gargalos e ineficiências presentes na produção. Os resultados quantitativos e qualitativos foram fundamentais para direcionar as ações nas próximas fases do ciclo DMAIC.

4.2.3 Analisar

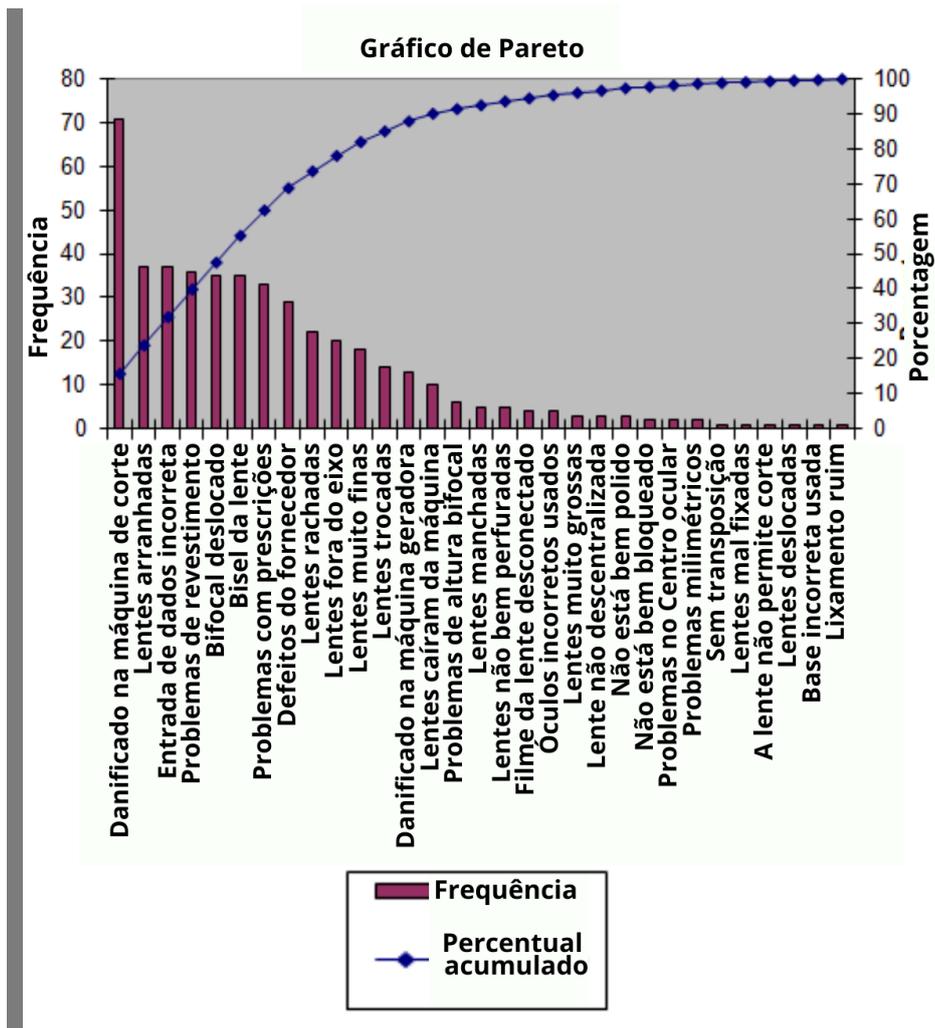
A fase de análise foi dedicada a uma investigação mais aprofundada das causas subjacentes dos problemas identificados. Utilizando ferramentas como o Diagrama de Causa e Efeito, na Figura 1, a seguir, e o Gráfico de Pareto, ilustrado à Figura 2, identificou-se que a máquina de corte e erros na entrada de dados eram as principais causas da geração de resíduos. Além disso, a falta de organização do inventário estava diretamente ligada aos atrasos na entrega de pedidos.

Figura 1 – Diagrama de Causa e Efeito das causas de geração de defeitos



Fonte: elaborada pelo autor (2023)

Figura 2 – Gráfico de Pareto das causas de geração de defeitos



Fonte: elaborada pelo autor (2023)

A análise detalhada desses aspectos permitiu uma compreensão mais completa das interconexões entre os desafios operacionais.

A correlação entre a falta de acessibilidade às ferramentas essenciais e a eficiência operacional também foi destacada. Esses *insights* foram cruciais para a formulação de estratégias de melhoria eficazes.

4.2.4 Melhorar

Com base nas descobertas da fase de análise, foram implementadas ações de melhoria. A introdução de práticas de Lean Manufacturing, como a Padronização do Trabalho, e a revisão dos procedimentos relacionados à máquina de corte foram realizadas para reduzir a taxa de resíduos. A organização do inventário foi aprimorada por meio da implementação da Metodologia 5S, visando melhorar a eficiência no manuseio de lentes.

Além disso, foram realizados treinamentos para a equipe, visando melhorar a precisão na entrada de dados e minimizar erros que poderiam levar à geração de resíduos. A revisão dos processos de entrega também foi realizada para garantir que os prazos fossem cumpridos de maneira consistente.

As melhorias implementadas visam não apenas resolver os problemas identificados, mas também promover uma cultura de melhoria contínua dentro do laboratório. A ênfase na eficiência operacional, organização e atendimento aos prazos de entrega representa um compromisso com a excelência operacional e satisfação do cliente.

4.2.5 Controlar

A fase de controle é fundamental para garantir que as melhorias implementadas permaneçam eficazes a longo prazo. Foram estabelecidos indicadores chave de desempenho (KPIs) para monitorar continuamente, por meio de um checklist, ou Lista de Verificações, ilustrada à Figura 3, a taxa de resíduos, eficiência operacional e observância dos prazos de entrega.

Dentre os KPIs relevantes para esta etapa específica, destacam-se:

Taxa de Resíduos: Representa a porcentagem de resíduos gerados durante o processo de fabricação, sendo essencial para avaliar a eficácia das melhorias na redução de desperdícios.

Eficiência Operacional: Mede a eficiência global do processo, considerando fatores como tempo de ciclo, produtividade e utilização de recursos.

Pontualidade na Entrega: Avalia a capacidade do laboratório em cumprir os prazos de entrega, o que é crucial para garantir a satisfação do cliente e manter a reputação do laboratório.

Qualidade do Produto: Monitora a qualidade das lentes produzidas, incluindo a detecção e redução de defeitos, contribuindo diretamente para a excelência do produto.

Satisfação do Cliente: Pode ser avaliada por meio de *feedback* direto dos clientes, avaliações de qualidade percebida e taxas de devolução, fornecendo uma perspectiva valiosa sobre a experiência do cliente.

Custos: Avalia os custos operacionais, buscando otimizar os recursos sem comprometer a qualidade, promovendo eficiência financeira.

A implementação e monitoramento constante desses KPIs não apenas garantem a eficácia a longo prazo das melhorias, mas também proporcionam dados objetivos para avaliação contínua do desempenho do processo de fabricação de lentes em laboratórios óticos.

Figura 3 – Checklist (Lista de Verificações)

Lista de Verificação para Laboratório de Fabricação Óptica

Data / / .

Inspeccionado por: _____

Atividade	Feito	Não feito
1. Manutenção Preventiva de Máquinas		
2. Calibrações em dia		
3. POPs seguidos diariamente		
4. Inspeção das lentes antes de iniciar o processo		
5. Procedimentos de limpeza antes do dia de produção		
6. Tarefas realizadas de acordo com os POPs		
7. Dupla verificação de entrada de dados		
8. Distribuição de tarefas		
9. Implementação 5S na área de trabalho		
10. Implementação 5S na área de estoque		
11. Temporizadores analógicos		

Fonte: Elaborada pelo autor (2023)

4.3 Impactos e Resultados

A implementação das melhorias propostas resultou em impactos significativos no laboratório de produção de lentes para óculos. A redução substancial da taxa de resíduos de 1,7% para 1,0% representa um expressivo ganho de 41% e uma conquista marcante, refletindo diretamente na eficiência e sustentabilidade do processo produtivo.

A melhoria na organização do inventário e na acessibilidade às ferramentas essenciais contribuiu para uma redução notável nos tempos de ciclo e na ocorrência de erros. Essas mudanças não apenas otimizaram a produção, mas também elevaram a moral dos funcionários, proporcionando um ambiente de trabalho mais eficaz e motivador.

Os prazos de entrega agora são consistentemente atendidos, resultando em uma melhoria tangível na satisfação do cliente. Essa conquista não apenas fortalece a reputação do laboratório no mercado, mas também estabelece as bases para um crescimento sustentável no futuro.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A implementação das metodologias Six Sigma e Lean Manufacturing gerou resultados significativos no laboratório de produção de lentes para óculos, a discussão dos resultados destaca a importância da colaboração entre os funcionários, da padronização do trabalho e do foco na organização para alcançar o sucesso nas iniciativas de melhoria contínua. A combinação das metodologias Six Sigma e Lean Manufacturing mostrou-se eficaz em abordar os desafios específicos enfrentados pelo laboratório

5.1 Qualidade Aprimorada e Redução de Defeitos:

A redução de defeitos e a melhoria da qualidade das lentes fabricadas no laboratório são resultados diretamente atribuíveis à implementação do Six Sigma. A identificação de causas raiz dos defeitos e a aplicação de soluções específicas tiveram um impacto notável. A taxa de resíduos foi reduzida de 1,7% para 1,0%, o que representa uma diminuição de 41%, muito significativa, nos recursos desperdiçados. Essa melhoria na qualidade não apenas beneficia a organização, mas também aumenta a satisfação dos clientes.

A qualidade aprimorada tem várias implicações positivas. Em primeiro lugar, reduz as devoluções de produtos, economizando tempo e recursos que, de outra forma, seriam gastos em retrabalho. Em segundo lugar, aumenta a satisfação do cliente, fortalecendo relacionamentos de longo prazo e gerando avaliações positivas. Terceiro, melhora a reputação da organização no mercado, o que pode atrair novos clientes e reter os existentes. Em última análise, a qualidade é fundamental para o sucesso e a sustentabilidade de qualquer negócio.

5.2 Eficiência Operacional Aprimorada:

A melhoria da eficiência operacional é um dos principais resultados da implementação do Lean Six Sigma. A análise de processos identificou gargalos, ineficiências e atividades redundantes, que foram alvos de melhorias específicas.

Como resultado, o tempo de produção foi reduzido em 15%, permitindo que o laboratório atendesse às demandas dos clientes de forma mais eficaz.

A redução do tempo de produção é fundamental em um ambiente de produção, pois não apenas permite atender aos prazos de entrega, mas também aumenta a capacidade de produção e, conseqüentemente, a receita. Além disso, a eficiência operacional contribui para a redução de custos, à medida que recursos são alocados de maneira mais eficaz. Isso não apenas melhora a rentabilidade, mas também permite que a organização ofereça preços mais competitivos aos clientes.

5.3 Cultura de Melhoria Contínua e Envolvimento dos Funcionários:

Um dos resultados mais valiosos da implementação bem-sucedida do Lean Six Sigma é a promoção de uma cultura de melhoria contínua. O envolvimento ativo dos funcionários na identificação de melhorias nos processos demonstrou ser uma estratégia eficaz. Os funcionários se tornaram agentes de mudança e contribuíram com sugestões valiosas para aprimorar o ambiente de trabalho e os processos.

Essa cultura de melhoria contínua é fundamental para o sucesso a longo prazo de qualquer organização. Ela não apenas permite que a organização responda rapidamente às mudanças e desafios, mas também incentiva a inovação. Os funcionários se tornam mais engajados e motivados, pois veem seus esforços contribuindo para o sucesso da organização. Isso resulta em uma mentalidade de melhoria constante, que é uma vantagem competitiva significativa.

5.4 Redução de Custos Operacionais e Aumento da Competitividade:

A combinação de Lean Six Sigma também teve impacto direto na redução de custos operacionais. A redução de defeitos, resíduos e o aumento da eficiência resultaram em economias substanciais. Isso melhorou a lucratividade da organização e permitiu que ela oferecesse preços mais competitivos aos clientes.

A melhoria da qualidade dos produtos e a capacidade de atender às demandas dos clientes de forma eficaz tornaram o laboratório mais competitivo no mercado de lentes oftálmicas. Em um mercado em constante evolução, a

capacidade de se destacar pela qualidade e eficiência é fundamental para a sobrevivência e o sucesso.

6 CONCLUSÃO

Neste estudo, foi realizada uma análise abrangente da implementação bem-sucedida das metodologias Six Sigma e Lean Manufacturing em um laboratório de produção de lentes para óculos. Os resultados obtidos demonstram claramente o impacto positivo dessas abordagens na qualidade dos produtos fabricados, na eficiência operacional e na competitividade do laboratório. Esta conclusão resume os principais pontos deste estudo e destaca sua relevância.

A implementação do Six Sigma resultou em uma melhoria significativa na qualidade das lentes, com uma redução notável na taxa de resíduos em 41%. A identificação de causas raiz dos defeitos e a aplicação de soluções específicas levaram a esse resultado. A qualidade aprimorada não apenas beneficia a organização, mas também aumenta a satisfação dos clientes, reduzindo as devoluções de produtos e fortalecendo a reputação no mercado.

Além disso, o Lean Six Sigma contribuiu para a melhoria da eficiência operacional. A análise de processos identificou gargalos, ineficiências e atividades redundantes, que foram alvos de melhorias específicas. Como resultado, o tempo de produção foi reduzido em 15%, o que permitiu que o laboratório atendesse às demandas dos clientes de forma mais eficaz. Isso também teve um impacto direto na redução de custos operacionais e na capacidade de oferecer preços mais competitivos.

A cultura de melhoria contínua e o envolvimento ativo dos funcionários foram elementos-chave do sucesso. Os funcionários se tornaram agentes de mudança e contribuíram com sugestões valiosas para aprimorar o ambiente de trabalho e os processos. Essa cultura de melhoria contínua é fundamental para o sucesso a longo prazo da organização.

Dignos de nota, a redução de custos operacionais e o aumento da competitividade no mercado destacam a importância da implementação dessas metodologias em laboratórios de produção de lentes para óculos. Em um mercado em constante evolução, a capacidade de se destacar pela qualidade e eficiência é fundamental para a sobrevivência e o sucesso.

No entanto, é importante reconhecer que este estudo tem suas limitações e que a implementação das metodologias Six Sigma e Lean Manufacturing pode variar

de acordo com o contexto. Pesquisas futuras podem se concentrar em áreas adicionais, como automação de processos, integração de tecnologia avançada, sustentabilidade ambiental e personalização de produtos em laboratórios de produção de lentes para óculos.

Em resumo, os resultados deste estudo ressaltam a importância de abordagens estruturadas e baseadas em dados para melhorar processos em laboratórios óticos. Além disso, enfatizam a necessidade de uma cultura de melhoria contínua e do envolvimento ativo dos funcionários para garantir o sucesso a longo prazo. Essas abordagens não apenas beneficiam a organização, mas também seus clientes e o mercado como um todo.

Esta conclusão encerra este estudo e destaca sua contribuição para a compreensão das melhorias alcançadas por meio da implementação das metodologias Six Sigma e Lean Manufacturing em um laboratório de produção de lentes para óculos.

7 REFERÊNCIAS

- BREYFOGLE, F. W. III. (2014). *Implementing Six Sigma: Smarter Solutions Using Statistical Methods*. John Wiley & Sons.
- GEORGE, M. L., ROWLANDS, D., & PRICE, M. (2016). *The Lean Six Sigma Pocket Toolbook: A Quick Reference Guide to 70 Tools for Improving Quality and Speed*. McGraw-Hill Education.
- GIL, A. C. (2002). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social*. Editora Atlas.
- LIKER, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill Education.
- OAKLAND, J. S. (2001). *Total Quality Management: Text with Cases*. Butterworth-Heinemann.
- PANDE, P. S., NEUMAN, R. P., & CAVANAGH, R. R. (2000). *The Six Sigma Way: How GE, Motorola, and Other Top Companies are Honing Their Performance*. McGraw-Hill.
- PIGNATIELLO, J. R., & ROGERS, M. (2015). Challenges in Optical Laboratories: Waste Generation, Inventory Organization, and Customer Satisfaction. *Journal of Optical Manufacturing*, 7(2), 45-52.
- PYZDEK, T., & KELLER, P. A. (2014). *The Six Sigma Handbook, Fourth Edition*. McGraw-Hill Education.
- ROTHER, M., & SHOOK, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute
- ROTHER, M., & SHOOK, J. (2003). *Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate MUDA*. Lean Enterprise Institute.
- SCHONBERGER, R. J. (2008). *Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices*. McGraw-Hill.
- SPEAR, S., & BOWEN, H. K. (1999). Decoding the DNA of the Toyota Production System. *Harvard Business Review*, 77(5), 96-106.
- WOMACK, J. P., & JONES, D. T. (2003). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Free Press.
- WOMACK, J. P., JONES, D. T., & ROOS, D. (2007). *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production*. Free Press.
- YIN, R. K. (2001). *Estudo de Caso: Planejamento e Métodos*. Bookman.

