

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CAMPUS FREDERICO WESTPHALEN
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM
GESTÃO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO

Carlos Matheus Galvão

PROPOSTA DE UM *FRAMEWORK* DE IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN SIX SIGMA* BASEADO NO DMAIC PARA APLICAÇÃO EM MICRO, PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

Frederico Westphalen, RS 2023

Carlos Matheus Galvão

PROPOSTA DE UM *FRAMEWORK* DE IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN SIX SIGMA* BASEADO NO DMAIC PARA APLICAÇÃO EM MICRO, PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

Monografia de conclusão do Curso de Especialização em Gestão de Tecnologia da Informação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Gestão de Tecnologia da Informação.**

Prof. Dr. Solange de Lurdes Pertile (UFSM)

Frederico Westphalen, RS

2023

Carlos Matheus Galvão

PROPOSTA DE UM *FRAMEWORK* DE IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN SIX SIGMA* BASEADO NO DMAIC PARA APLICAÇÃO EM MICRO, PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

Monografia de conclusão do Curso de Especialização em Gestão de Tecnologia da Informação, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Especialista em Gestão de Tecnologia da Informação.**

Aprovado em 14 de dezembro de 2023:

Solange de Lurdes Pertile (UFSM)
(Presidente/orientador)

Adriana Soares Pereira, (UFSM)

Evandro Preuss, (UFSM)

Frederico Westphalen, RS

2023

RESUMO

PROPOSTA DE UM *FRAMEWORK* DE IMPLEMENTAÇÃO DO *LEAN SIX SIGMA* BASEADO NO DMAIC PARA APLICAÇÃO EM MICRO, PEQUENAS E MÉDIAS EMPRESAS

**Carlos Matheus Galvão
Solange de Lurdes Pertile**

Neste estudo, exploramos a implementação do Lean Six Sigma, focando no processo DMAIC, em pequenas e médias empresas (MPMEs) – um setor frequentemente restrito por recursos, mas essencial para a dinâmica econômica. O propósito é ilustrar que o DMAIC, uma ferramenta tradicionalmente vinculada a grandes corporações, é igualmente valioso para MPMEs ao abordar ineficiências operacionais e problemas crônicos enfrentados por esse segmento. Utilizando metodologia qualitativa, incluindo uma análise de literatura especializada, revelamos como o DMAIC pode ser customizado e efetivamente aplicado em contextos onde a flexibilidade e a inovação são imprescindíveis como vantagem competitiva. A pesquisa revela que as MPMEs podem incorporar o DMAIC para melhorar significativamente a qualidade e a eficiência de seus processos, apesar dos desafios de implementação, que incluem a escassez de dados e a resistência cultural. Propomos soluções práticas, tais como o desenvolvimento de habilidades gerenciais e o fomento de uma cultura de melhoria contínua, particularmente entre gestores de TI, que são cruciais para o sucesso da metodologia. Este trabalho não apenas argumenta pela adaptabilidade do Lean Six Sigma às MPMEs, mas também fornece um guia pragmático para a sua operacionalização, contribuindo com novas perspectivas para o campo do gerenciamento de processos e projetos.

Palavras-chave: Lean Six Sigma; DMAIC; Pequenas e Médias Empresas; Melhoria de Processos.

ABSTRACT

PROPOSAL FOR A LEAN SIX SIGMA IMPLEMENTATION FRAMEWORK BASED ON DMAIC FOR APPLICATION IN MICRO, SMALL AND MEDIUM COMPANIES

Carlos Matheus Galvão
Solange de Lurdes Pertile

In this study, we explore the implementation of Lean Six Sigma, focusing on the DMAIC process, within small and medium-sized enterprises (SMEs) – a sector often constrained by resources but essential for economic dynamics. The purpose is to demonstrate that DMAIC, a tool traditionally linked to large corporations, is equally valuable for SMEs when addressing operational inefficiencies and chronic problems faced by this segment. Using qualitative methodology, including an analysis of specialized literature, we reveal how DMAIC can be customized and effectively applied in contexts where flexibility and innovation are indispensable as competitive advantage. The research indicates that SMEs can incorporate DMAIC to significantly enhance quality and efficiency of their processes, despite implementation challenges that include data scarcity and cultural resistance. We propose practical solutions, such as the development of managerial skills and the promotion of a culture of continuous improvement, especially among IT managers, who are critical to the success of the methodology. This work not only argues for the adaptability of Lean Six Sigma to SMEs but also provides a pragmatic guide for its operationalization, contributing new insights to the field of process and project management.

Key-words: Lean Six Sigma, DMAIC, Small & Medium-Sized Enterprises, Processes Improvement.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Framework de aplicação do Lean Six Sigma em MPMEs	23
Figura 2 - Carta do Projeto.....	24
Figura 3 - SIPOC	25
Figura 4 - (VOC) Voice Of Customer.....	26
Figura 5 - Mapa do processo	27
Figura 6 – Matriz de Priorização	28
Figura 7 – Fluxo sugerido para criação do Diagrama de Ishikawa	29
Figura 8 – Diagrama de Ishikawa ou matriz de causa e efeito	30
Figura 9 - Modelo de FMEA	31
Figura 10 - Plano de Ação 5W1H.....	32
Figura 11 – Modelo de POP.....	33
Figura 12 – Modelo de Carta ou Plano de Cotrole	36
Figura 13 – Exemplo do Diagrama de Pareto	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Análise comparativa das pesquisas relacionadas e do autor	20
---------------------------------------------------------------------------	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1 OBJETIVOS PROPOSTOS	10
1.1.1 Objetivo geral	10
1.1.2 Objetivos específicos	10
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	11
2.1 DMAIC.....	12
2.2 MPMEs.....	13
3 TRABALHOS RELACIONADOS	16
4 METODOLOGIA	20
4.2 Etapas:	21
5 APLICAÇÃO DO <i>LEAN SIX SIGMA</i> EM EMPRESAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE	23
5.1 Ferramentas Sugeridas para a Fase Definir:	23
5.2 Ferramentas Sugeridas para a Fase Medir:	26
5.3 Ferramentas Sugeridas para a Fase Analisar:	28
5.4 Ferramentas Sugeridas para a Fase Melhorar:.....	31
5.5 Ferramentas Sugeridas para a Fase Controlar:	33
6 CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	42

1. INTRODUÇÃO

A abordagem *Lean Six Sigma* representa uma sinergia avançada, integrando a eficácia operacional do *Lean* com a precisão estatística do *Six Sigma*. Essa metodologia incorpora técnicas estatísticas avançadas e práticas de qualidade, com o objetivo de minimizar falhas e inconsistências nos processos, conduzindo a um patamar superior de qualidade nos produtos e serviços derivados dessas operações. (ESTORILIO, 2013).

Originada no seio da indústria de manufatura, o *Lean Six Sigma* se expandiu, encontrando terreno fértil nas pequenas e médias empresas (MPMEs), que buscam otimizar seus processos e aumentar a eficiência. A estrutura DMAIC, que se desdobra nas etapas de Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, é o cerne dessa metodologia, enfatizando uma abordagem metodológica para a resolução de problemas. A importância do *Lean Six Sigma* reside na sua capacidade de identificar e erradicar problemas crônicos que afligem as organizações, permitindo uma análise profunda que transcende as soluções de superfície e gera mudanças sustentáveis.

Neste estudo, o argumento principal se concentra na aplicabilidade e eficácia do *Lean Six Sigma* em MPMEs, uma área relativamente inexplorada em comparação com as grandes corporações, onde a metodologia é mais tradicionalmente aplicada. Este trabalho de conclusão de curso irá explorar sobre esta temática, desdobrando-se em capítulos que exploram desde a teoria subjacente ao *Lean Six Sigma*, passando por uma análise do modelo DMAIC e como ele pode ser adaptado e implementado em MPMEs.

Estruturarei o trabalho iniciando com um aprofundamento teórico no capítulo inicial, seguido por um capítulo dedicado exclusivamente ao DMAIC, culminando em uma seção que aborda algumas ferramentas dessa metodologia e expõe uma sugestão de ferramentas, ou *framework*, que podem ser mais aderentes às MPMEs.

O objetivo é demonstrar que o *Lean Six Sigma*, com um foco particular na sua vertente DMAIC, não é um privilégio exclusivo de grandes corporações, mas uma ferramenta valiosa e adaptável para MPMEs. Pretende-se, assim, fornecer um *framework* com um roteiro simples, claro e pragmático que possa ser seguido por gestores de qualquer empresa, que aspiram incorporar esses princípios para alcançar a excelência operacional em suas organizações.

1.1 OBJETIVOS PROPOSTOS

A seguir são apresentados os objetivos deste trabalho.

1.1.1 Objetivo geral

Realizar uma revisão bibliográfica afim de contextualizar empresas e profissionais a respeito dos conceitos da metodologia *Lean Six Sigma* com foco no DMAIC e propor um roteiro simples e claro, com ferramentas básicas e de fácil utilização, que possa ser seguido por gestores que desejam incorporar esses conceitos no dia a dia de suas empresas.

1.1.2 Objetivos específicos

A realização deste trabalho de pesquisa tem, por objetivos:

- **Descrever a Metodologia *Lean Six Sigma* e o Processo DMAIC:** Apresentar uma exposição sobre o *Lean Six Sigma* e o framework DMAIC, estabelecendo uma base teórica sólida que permita uma compreensão integral dos seus princípios, ferramentas e técnicas.

- **Analisar a Adaptação do *Lean Six Sigma* para MPMEs:** Explorar ferramentas do DMAIC, a fim de entender como o *Lean Six Sigma* pode ser ajustado para se adequar ao contexto e às necessidades das MPMEs, incluindo a identificação de barreiras comuns e estratégias para superá-las.

- **Sugerir um *Framework* básico de Implementação do DMAIC para MPMEs:** Elaborar um *framework* básico e simples de implementação do DMAIC especificamente projetado para MPMEs, considerando suas limitações e vantagens competitivas.

- **Exibir um Panorama sobre a Capacitação de Profissionais:** Analisar e expor uma visão geral sobre as certificações *Lean Six Sigma* disponíveis em território nacional.

2 REVISÃO DA LITERATURA

O *Lean Manufacturing*, também conhecido como Sistema Toyota de Produção (STP) e Produção Enxuta (PE), teve sua origem no Japão na década de 50, após a Segunda Guerra Mundial, em um período de grande restrição econômica (OLIVEIRA et al., 2018; LOPES, 2019). Este sistema enfatiza a eficiência, a eliminação de atividades não essenciais e a melhoria contínua dos processos, conhecida como Kaizen. Por outro lado, o *Six Sigma* é uma metodologia estruturada que utiliza ferramentas estatísticas para identificar e eliminar a variação nos processos, com o objetivo de alcançar a melhoria da qualidade e a redução de defeitos, visando um desempenho quase perfeito.

O *Lean Six Sigma* surgiu como uma abordagem híbrida que combina a velocidade e agilidade do Lean com a precisão e o controle de qualidade do *Six Sigma*. A combinação foi impulsionada pela necessidade de abordagens complementares que não apenas reduzissem o desperdício e melhorassem a eficiência, mas também garantissem qualidade consistente e altos níveis de desempenho operacional. As organizações reconheceram que, para se tornarem verdadeiramente eficientes e competitivas, precisavam integrar as ferramentas e técnicas de ambas as filosofias. (GRUDOWSKI et al., 2015; LANDE et al., 2016; HANAFI et al., 2019 apud CASTILHO et al., 2020).

O *Lean Six Sigma* representa uma abordagem abrangente e eficaz, destinada ao aperfeiçoamento dos processos organizacionais através da diminuição da variabilidade e da eliminação de ineficiências. Esta metodologia tem como metas centrais elevar a satisfação dos clientes, minimizar custos operacionais, agilizar processos e fomentar uma cultura orientada à melhoria contínua. Emprega-se na execução de projetos de melhoria claramente delineados, conduzidos por especialistas capacitados, denominados *Green Belts* e *Black Belts*, que aplicam a metodologia DMAIC na resolução de problemas.

Os benefícios esperados do *Lean Six Sigma* abrangem uma ampla gama de melhorias operacionais e financeiras. Segundo Estorilio e Amitrano (2013), em seu artigo acadêmico "Aplicação de Seis Sigma em uma empresa de pequeno porte", que detalha a implementação da metodologia *Lean Six Sigma*, utilizando o método DMAIC, em uma pequena empresa especializada em tratamento superficial de peças mecânicas, a aplicação dessa metodologia resultou em benefícios significativos para a empresa, incluindo uma redução de aproximadamente 20% no retrabalho do processo de zincagem.

Esta melhoria representa um impacto considerável na eficiência operacional da empresa, evidenciando a viabilidade e eficácia da metodologia *Lean Six Sigma* mesmo em contextos de empresas de menor porte.

As empresas que implementam essa metodologia podem esperar um aumento significativo na qualidade de seus produtos e serviços, processos mais rápidos e ágeis, um ambiente de trabalho mais eficiente e uma base sólida para a tomada de decisões orientada por dados (ANTONY, 2006 *apud* LOUZADA, 2023). Além disso, a abordagem colaborativa e interdisciplinar do *Lean Six Sigma* pode contribuir para uma cultura organizacional mais forte, onde a melhoria contínua se torna parte integral da identidade corporativa.

2.1 DMAIC

O DMAIC é a espinha dorsal do *Lean Six Sigma*, um acrônimo para as cinco fases sequenciais de um projeto de melhoria: *Define, Measure, Analyse, Improve & Control* ou, traduzido para o Português Brasileiro, **Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar**.

- **Fase Definir:** Na fase Definir, (*Define*) o foco é estabelecer a clareza em torno do problema ou do objetivo do projeto. As equipes criam uma declaração de problema precisa, definem o escopo do projeto e identificam os requisitos do cliente, através de ferramentas simples como o *Voice of the Customer* (VOC). Outras ferramentas como o *Project Charter*, diagramas SIPOC (*Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers*) e mapas de processo são utilizadas para enquadrar o problema e definir as expectativas.
- **Fase Medir:** Seguindo para a fase Medir (*Measure*), a tarefa é quantificar o desempenho atual do processo. Coleta-se dados relevantes para estabelecer uma linha de base e medir a variação e a capacidade do processo atual. Ferramentas estatísticas como gráficos de controle, planos de coleta de dados e análise do sistema de medição asseguram que os dados são precisos e confiáveis.
- **Fase Analisar:** A terceira fase, Analisar (*Analyse*), envolve a identificação das causas-raiz do problema. Com o auxílio de análise de causa e efeito, *brainstorming* e ferramentas de análise de dados como análise de regressão e testes de hipótese, a equipe explora os dados para descobrir as razões subjacentes ao problema.
- **Fase Melhorar:** Na fase de melhorias do *Lean Six Sigma* (*Improve*), o foco principal

da equipe é aprimorar o processo existente, transformando dados estatísticos em ações práticas para tratar as causas raízes dos problemas. Esta etapa é crucial, pois é aqui que os esforços iniciais de definição, medição e análise começam a render frutos, visando eliminar causas de erros para alcançar um desempenho dentro dos limites aceitáveis. Além de focar no aprimoramento direto dos processos, esta fase também se concentra em descobrir oportunidades para aumentar a eficiência em outras áreas, maximizando assim os benefícios gerais. Para facilitar a implantação das melhorias identificadas, diversas ferramentas são empregadas, destacando-se entre elas o Desenho de Experimentos (DOE), o Plano de Ação (5W1H) e o Procedimento Operacional Padrão (POP). Enquanto o DOE é uma técnica mais complexa que exige conhecimentos de estatística avançada e ferramentas específicas para planejar e avaliar experimentos, os Planos de Ação e os POPs são abordagens mais acessíveis e práticas. Eles são utilizados para detalhar e estruturar as ações necessárias, assegurando que as melhorias sejam implementadas de forma eficiente e eficaz.

- **Fase Controlar:** Finalmente, na fase Controlar (*Control*), a equipe garante que as melhorias sejam sustentáveis. Para isso, monitoram o processo melhorado usando novamente gráficos de controle e implementam planos de controle para manter os ganhos. Documentação, treinamento e transferência de conhecimento são componentes críticos nesta etapa para manter as melhorias a longo prazo.

Essas fases, quando seguidas rigorosamente, permitem que as organizações realizem melhorias significativas e sustentáveis nos seus processos (GOMES, 2022), levando a uma maior eficiência, redução de custos e melhoria na qualidade geral.

2.2 MPMEs

Abordar a conceituação de Micro, Pequenas e Médias Empresas (MPMEs) representa um grande desafio (GUIMARÃES, CARVALHO, PAIXÃO 2018) , dada a ausência de um consenso internacional sobre sua definição. As discrepâncias entre os diversos países, suas economias e o perfil empresarial contribuem para essa dificuldade. No entanto, a União Europeia, através do *Small Business Act* de 2008, estabeleceu critérios específicos para a classificação das MPMEs, visando uniformizar as políticas públicas. Essa definição foi motivada pela preocupação de evitar desigualdades na implementação de políticas e distorções na concorrência entre empresas dos Estados-membros. A definição adotada

pela União Europeia não apenas considera o tamanho da empresa em termos de número de funcionários, faturamento e balanço, mas também a sua estrutura de propriedade, visto que esta influencia diretamente os recursos disponíveis para a empresa. Com isso, empresas sob controle ou associadas a entidades maiores não se qualificam como MPMEs europeias. Alinhando-se a essa definição, o Eurostat, o Gabinete de Estatísticas da União Europeia, divulgou em 2011 dados estruturais sobre as empresas europeias, destacando as MPMEs. Para harmonizar a definição legal com a disponibilidade de dados estatísticos, foram adotados critérios de classificação baseados no número de empregados:

- Grandes Empresas (com 250 ou mais funcionários),
- Médias Empresas (de 50 a 249 funcionários),
- Pequenas Empresas (de 10 a 49 funcionários) e
- Microempresas (menos de 10 funcionários).

As micro e pequenas empresas frequentemente operam com recursos limitados para o aprimoramento de processos, mas é importante reconhecer que as metodologias como o *Lean Six Sigma* não exigem primariamente investimentos de capital significativos, e sim, um emprego de fatores críticos para o sucesso da implantação do programa. Dentre esse fatores críticos, os itens listados abaixo se destacam (ANTONY, BANUELAS, 2002).

- Envolvimento e comprometimento da gerência;
- Entendimento da metodologia, ferramentas e técnicas do *Lean Six Sigma*;
- Empregar *Lean Six Sigma* na estratégia de negócios;
- Empregar *Lean Six Sigma* com os consumidores;
- Seleção, revisão e seguimento de projeto;
- Infra-estrutura organizacional;
- Mudança de pensamento;
- Habilidades de gerenciamento de projeto;
- Empregar *Lean Six Sigma* com os fornecedores;
- Treinamento;
- Empregar *Lean Six Sigma* nos funcionários (envolvimento dos Recursos Humanos)

Esses obstáculos, contudo, podem ser superados com a adoção de metodologias como o *Lean Six Sigma*, que, embora tradicionalmente associadas a grandes corporações, têm o

potencial de transformar a realidade das MPMEs brasileiras através da otimização de processos e da melhoria contínua, fundamentais para sua sobrevivência e crescimento em um mercado global competitivo. (ANTONY, BANUELAS, 2002).

A aplicabilidade prática desses princípios pode ser adaptada para se adequar às circunstâncias específicas e aos recursos das pequenas empresas, possibilitando melhorias contínuas sem a necessidade de grandes desembolsos financeiros. (GOMES, 2022).

Em seu estudo de caso apresentado no artigo "Desenvolvimento de *Framework* Baseado no DMAIC para Pequenas e Médias Empresas" da UFPE, Gomes (2022) foca na implementação da metodologia *Lean Six Sigma* em uma queijaria artesanal, localizada no Arranjo Produtivo Local de laticínios de Pernambuco.

Segundo a autora, a aplicação deste *framework* resultou em uma redução significativa da contaminação na produção do queijo coalho e na padronização do produto. O estudo conclui que a implementação do *framework* cumpriu os requisitos para melhorar o processo produtivo da empresa, proporcionando resultados positivos na solução dos problemas enfrentados.

3 TRABALHOS RELACIONADOS

Em um ambiente empresarial cada vez mais competitivo, micro, pequenas e médias empresas (MPMEs) enfrentam o desafio contínuo de aprimorar seus processos, buscando otimização e redução de erros (CASTILHO *et al.*, 2020). Nesse contexto, a metodologia Lean Six Sigma vem sendo utilizada e aplicada para melhorar os processos de produção em várias empresas, apresentando resultados positivos e sendo evidenciado por diversos estudos e publicações acadêmicas (RAMOS *et al.*, 2022).

O *Lean Six Sigma*, combina os princípios do *Lean Manufacturing*, que foca na eliminação de desperdícios, com o *Six Sigma*, que visa a redução da variabilidade nos processos. Esta abordagem integrada é particularmente benéfica para MPMEs, que muitas vezes operam com vários fatores de influência nesse contexto, como: Conscientização da Direção, Competência preexistente para condução de projetos, Volume de Recursos Disponíveis e a Preexistência de uma Cultura da Qualidade. (ESTORILIO e AMITRANO, 2013)

Além disso, Gomes (2022) destaca um caso prático de implementação do *Lean Six Sigma* em empresas de pequeno porte, evidenciando melhorias significativas nos processos produtivos e na satisfação dos clientes. Estes estudos ressaltam a aplicabilidade do *Lean Six Sigma* na realidade das MPMEs, desmistificando a ideia de que é uma metodologia exclusiva para grandes corporações.

No estudo de caso da queijaria artesanal aplicado por Gomes (2022), as seguintes ferramentas foram utilizadas:

- Checklists: Utilizados para verificar se as práticas e execuções na empresa estavam corretas. Esses checklists ajudaram na Fase de Medição do processo, garantindo que todas as operações estivessem alinhadas com os padrões desejados.
- Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC): Aplicada na Fase de Análise, para determinar as causas da contaminação no processo de produção do queijo coalho. Esta ferramenta é fundamental para identificar e controlar potenciais perigos à segurança dos alimentos.
- Técnica dos Cinco Porquês: Usada também na Fase de Análise, esta técnica ajudou a investigar as causas-raiz da contaminação. Ao perguntar "por quê?"

repetidamente, a equipe foi capaz de descobrir a origem do problema.

- Procedimentos Operacionais Padrão (POP's): Implementados na Fase de Melhoria para padronizar as práticas de qualidade e prevenção de contaminação, estes POP's ajudaram a garantir a consistência e a qualidade do produto.
- Boas Práticas de Fabricação (BPF): Aplicadas na Fase de Controle, as BPF incluíram a criação e implementação de um manual de boas práticas. Estas práticas visam assegurar a conformidade com os padrões de higiene e segurança alimentar.
- Treinamento para o Manual de BPF: Realizado na Fase de Controle, este treinamento assegurou que todos os funcionários compreendessem e seguissem as Boas Práticas de Fabricação estabelecidas, fortalecendo a cultura de segurança e qualidade na produção do queijo.

Segundo Gomes (2022), cada uma dessas ferramentas contribuiu de maneira significativa para a melhoria do processo produtivo na queijaria, levando a uma redução na contaminação e à padronização do queijo coalho artesanal.

Sendo assim, a implementação deste modelo estrutural levou a uma notável diminuição nos níveis de contaminação durante a fabricação do queijo coalho, além de assegurar uma uniformidade consistente no produto final. A conclusão desse estudo de caso aponta que a adoção desse modelo foi eficaz em atender às necessidades de aprimoramento do processo de produção da empresa, alcançando resultados benéficos na resolução das dificuldades identificadas.

A utilização das ferramentas DMAIC e Poka-Yoke (à prova de erros) demonstram como erros podem ser significativamente reduzidos, resultando em processos mais eficientes e confiáveis.

Em seu artigo, Lima *et. al* (2018) discute a evolução do método Poka-Yoke, inicialmente focado em prevenir erros humanos em processos produtivos, e sua expansão para áreas como transporte, inspeção e estocagem. O método é destacado por permitir a inspeção completa na fonte, oferecendo *feedback* rápido e eliminando perdas de produção de itens defeituosos. Utiliza-se de mecanismos de alerta, como alarmes e luzes, para identificar defeitos, sendo particularmente eficaz em defeitos menos frequentes e facilmente resolúveis. A eficiência do Poka-Yoke é maximizada ao realizar uma análise custo-benefício antes de sua implementação, com uma ênfase no método de controle. O sistema emprega três tipos de inspeção - na fonte, de controle e final - para prevenir falhas

e garantir conformidade do produto.

Para assegurar a eficácia do sistema, é vital realizar sua validação e aceitação, considerando as necessidades reais de inspeção do processo e estando em acordo com os padrões de qualidade e produção, utilizando simulações com peças conformes e não conformes.

Adicionalmente, os estudos da Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO) e da Associação Paulista de Engenharia de Produção (APREPRO), fornecem *insights* valiosos sobre a implementação do *Lean Six Sigma* em diferentes setores, destacando a flexibilidade e adaptabilidade desta metodologia. Estes estudos reforçam que, independentemente do tamanho da empresa ou da natureza da indústria, o *Lean Six Sigma* pode ser eficazmente aplicado para otimizar e melhorar o processo produtivo da empresa (GOMES, 2022).

Estorilio e Amitrano (2013) consideraram em seu trabalho a metodologia *Lean Six Sigma* implementada através do método DMAIC, foram utilizadas as ferramentas abaixo, conforme as fases da metodologia, obtendo os seguintes benefícios:

- Fase Definir:
 - Ferramentas: Carta do Projeto e a técnica 5W1H.
 - Benefícios: Definição do escopo do projeto, estruturação da equipe Seis Sigma e identificação das necessidades dos clientes.
- Fase Medir:
 - Ferramentas: Mapa do Processo e Matriz de Priorização.
 - Benefícios: Determinação da situação inicial do processo, identificação das variáveis críticas de entrada e saída, e estabelecimento de um sistema de medição para monitorar os efeitos das melhorias.
- Fase Analisar:
 - Ferramentas: FMEA de processo (*Failure Mode and Effect Analysis*).
 - Benefícios: Identificação de possíveis modos de falha no processo de fabricação e suas causas, possibilitando ações corretivas e preventivas.
- Fase Implantar Melhorias:
 - Ferramentas: DOE (*Design of Experiments*).
 - Benefícios: Tradução dos dados estatísticos em dados de processo, atuando sobre as causas raízes dos problemas e implementando melhorias com

base nos resultados de experimentos.

- Fase Controlar:
 - Ferramentas: Planos de Controle e Cartas de Controle.
 - Benefícios: Manutenção das melhorias implementadas, garantindo a operação do processo dentro dos limites especificados e minimizando a necessidade de novos ajustes.

Nesse contexto, conforme detalhado anteriormente, a aplicação dessa metodologia resultou em benefícios significativos para a empresa, incluindo uma redução de aproximadamente 20% no retrabalho do processo de zincagem.

Em conclusão, a literatura acadêmica fornece evidências robustas de que o *Lean Six Sigma* é uma ferramenta poderosa para MPMEs na busca pela excelência operacional. Sua aplicação não só melhora a eficiência e reduz custos, mas também aumenta a competitividade no mercado, destacando a importância de uma abordagem sistemática e bem estruturada na gestão de processos (RAMOS *et al.*, 2022).

Análise Comparativa das Pesquisas:

Reforçando a experiência do autor em mais de duas décadas dedicadas a área de TI, sendo que, 15 anos desse período foram dedicados à esforços em indústrias do segmento alimentício e varejo em processos e projetos, é evidente que a aplicação da metodologia Lean Six Sigma em micro, pequenas e médias empresas possui desafios e oportunidades distintas daquelas enfrentadas por grandes corporações conforme amplamente explorado nesse contexto.

A pesquisa em questão busca endereçar essas peculiaridades, desenvolvendo um *framework* simplificado para a implementação do *Lean Six Sigma*. Baseando-se no ciclo DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar), o *framework* proposto utiliza ferramentas como Carta de Projeto, VOC, SIPOC, Mapa de Processos, entre outras, com o intuito de proporcionar uma implementação prática e efetiva sem a necessidade de estatísticas avançadas ou softwares complexos.

Comparando com outras pesquisas no mesmo domínio, como a realizada por Estorilio e Amitrano (2013), que também utiliza ferramentas como Carta de Projeto, 5W1H, e FMEA, e a de Gomes (2022), que incorpora iniciativas de gestão e manual de Boas Práticas de Fabricação (BPF), observa-se que, apesar de similares na utilização de

algumas ferramentas, a pesquisa utiliza ferramentas que requerem conhecimento no campo da estatística e formação para utilização de ferramentas para o cálculo do DOE e Diagrama de Pareto, por exemplo. No entanto, a pesquisa do autor destaca-se pela sua simplicidade e aplicabilidade, argumentando que, em ambientes com baixo controle operacional, mesmo as menores intervenções podem levar a melhorias significativas.

A tabela a seguir compara as três pesquisas mencionadas, incluindo a do autor, destacando as ferramentas utilizadas e enfatizando a orientação prática e simplificada da abordagem proposta. O objetivo é não apenas apresentar uma alternativa metodológica, mas também enfatizar a acessibilidade e eficácia do *Lean Six Sigma* quando aplicado de maneira adaptada às realidades das pequenas e médias empresas, promovendo melhorias contínuas e significativas mesmo em contextos com recursos limitados.

A tabela abaixo, auxilia na comparação da pesquisa do autor.

Tabela 1- Análise comparativa das pesquisas relacionadas e do autor

Pesquisa	Ferramentas Utilizadas	Características
Autor	<ul style="list-style-type: none"> • Carta de projeto • VOC • SIPOC • Mapa de Processos • Matriz de Priorização • FMEA • Diagrama de Ishikawa • POP's • 5W1H • Plano de Controle • Poka-yoke • Padronização de Processos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Framework simples e prático • Não requer utilização de ferramentas e softwares adicionais • Não requer conhecimento de estatista.
Estorilio e Amitrano (2013)	<ul style="list-style-type: none"> • Carta de projeto • 5W1H • Mapa de Processo • Matriz de Priorização • FMEA • DOE • Plano de Controle • Cartas de Controle. 	<ul style="list-style-type: none"> • Foco em pequenas melhorias • Requer conhecimento de Estatística • Ferramentas Específicas
Gomes (2022)	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciativas de Gestão • Definição de problema • Fluxogramas • Checklists • APPCC • Técnica dos 5 Porquês • POP's • Manual de BPF • Treinamentos • Cultura de melhoria. 	<ul style="list-style-type: none"> • Destaca a cultura de melhoria e treinamentos

Fonte: Do autor (2023)

4 METODOLOGIA

Na condução da presente monografia, intitulada "Estudo da Metodologia *Lean Six Sigma*

Para Aplicação em Pequenas e Médias Empresas", adotarei uma abordagem metodológica qualitativa, visando compreender profundamente como a integração do DMAIC, ferramenta central do *Lean Six Sigma*, pode beneficiar o gerenciamento de processos em pequenas e médias empresas (MPMEs). Esta pesquisa é fundamentada na premissa de que as MPMEs enfrentam desafios únicos, que muitas vezes são exacerbados pela falta de processos robustos e pela presença de problemas crônicos que impedem a eficiência operacional e a escalabilidade.

4.1 Identificação do tema e objetivos:

O tema central deste estudo é a viabilidade e eficácia da metodologia *Lean Six Sigma*, com ênfase na estrutura do DMAIC, para melhorar os processos nas MPMEs. Os objetivos específicos incluem:

Compreender que as MPMEs possuem necessidades específicas de melhoria de processos.

Reconhecer como obstáculos enfrentados pelas MPMEs na implementação de metodologias de melhoria contínua problemas como: Gestão tipicamente familiar, Falta de Fluxos e Processos Claramente Definidos e Falta de Informações de Qualidade e Padronizadas. Dessa forma, irei explorar como o DMAIC pode ser adaptado e implementado em MPMEs.

Analisar as vantagens da utilização do DMAIC na resolução de problemas crônicos.

Propor um modelo adaptado de DMAIC para MPMEs que possa ser facilmente replicado por gestores de empresas que desejam adotar essa abordagem.

A relevância deste estudo decorre da necessidade crescente de MPMEs se tornarem mais competitivas e eficientes. O DMAIC, tradicionalmente associado a grandes corporações, se bem adaptado, pode se tornar uma ferramenta transformadora para MPMEs, ajudando-as a resolver problemas crônicos que limitam o crescimento e o sucesso no mercado altamente competitivo atual.

4.2 Etapas:

Para alcançar os objetivos desta pesquisa, seguirei uma metodologia detalhada, estruturada em várias etapas:

Revisão de Literatura: Realizarei um levantamento bibliográfico para entender o

estado atual do conhecimento sobre *Lean Six Sigma* e DMAIC, buscando identificar lacunas que justifiquem essa pesquisa.

Desenvolvimento de Modelo Adaptado: Com base na literatura, desenvolverei um *framework* adaptado de DMAIC para MPMEs, que considere suas restrições e recursos.

Disseminação dos Resultados: Os resultados serão compartilhados com a comunidade acadêmica e empresarial, promovendo discussões e sugerindo caminhos para futuras pesquisas.

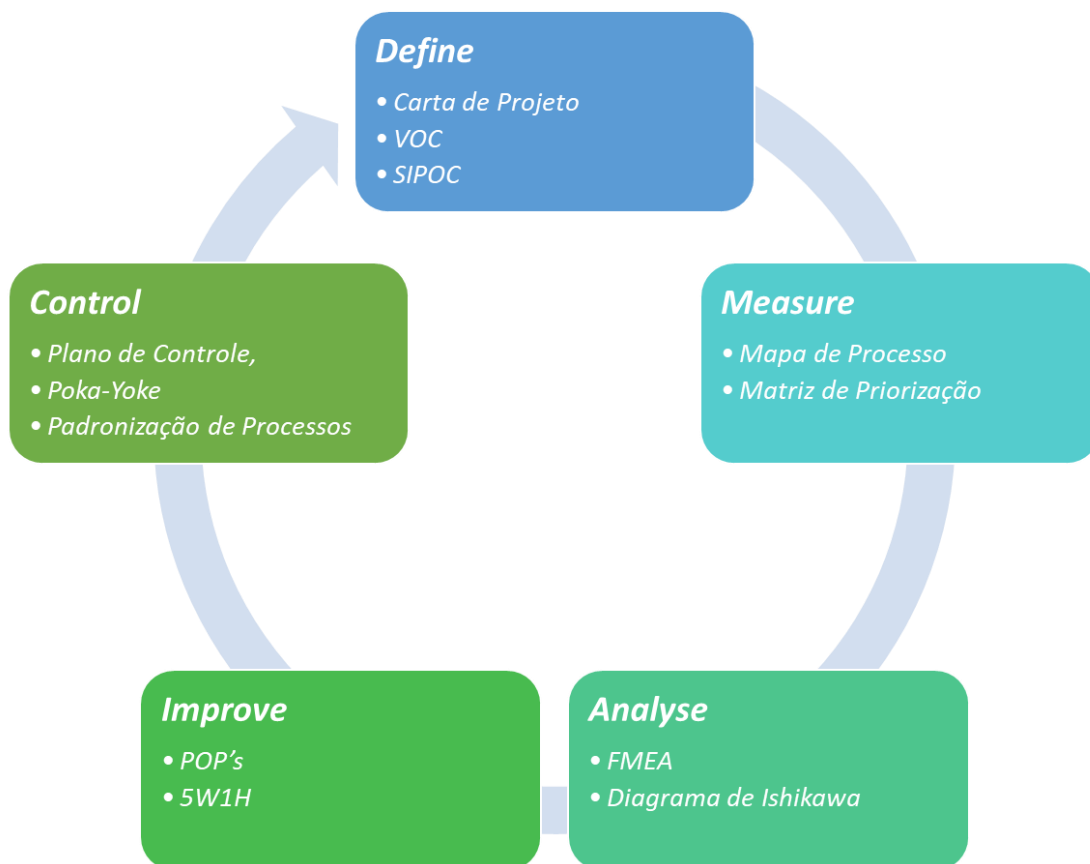
Este estudo contribuirá para o corpo de conhecimento em Gerenciamento de Projetos e Processos, oferecendo insights valiosos para acadêmicos e profissionais, e fornecendo um guia prático para MPMEs que desejam implementar melhorias significativas em seus processos.

5 APLICAÇÃO DO *LEAN SIX SIGMA* EM EMPRESAS DE PEQUENO E MÉDIO PORTE

Com base nos estudos e conceitos dessa pesquisa, as principais ferramentas utilizadas em cada fase do DMAIC e que são centrais para a aplicação eficaz do *Lean Six Sigma* em empresas de pequeno e médio porte, podem ser aplicados seguindo a lógica da figura abaixo, pois são, na sua grande maioria, conhecidas no âmbito empresarial e industrial.

A figura a seguir, demonstra como conduzir a implantação do Lean Six Sigma através de um *framework* simples e prático.

Figura 1 - Framework de aplicação do Lean Six Sigma em MPMEs.



Fonte: Do autor (2023)

5.1 Ferramentas Sugeridas para a Fase Definir:

Carta do Projeto (*Project Charter*):

Este modelo para *Six Sigma* tem o objetivo de auxiliar na elaboração de um termo de abertura de projeto. Este documento atua como um acordo entre a equipe e a gerência. Ele oferece uma descrição completa do projeto, abrangendo as funções e

responsabilidades da equipe, detalhes financeiros, metas e limitações. A elaboração de um termo de abertura de projeto detalhado é fundamental para estabelecer as expectativas do projeto e o resultado desejado, além de fornecer um plano geral a ser seguido.

Para criar uma Carta de Projeto, pode-se seguir o modelo da figura 2:

Figura 2 - Carta do Projeto

CARTA DO PROJETO		
INFORMAÇÕES GERAIS DO PROJETO		
NOME DO PROJETO	GERENTE DE PROJETOS	PATROCINADOR DO PROJETO
GREEN BELTS	DATA DE INÍCIO ESPERADA	DATA DE CONCLUSÃO ESPERADA
BLACK BELTS	ECONOMIA ESPERADA	CUSTOS ESTIMADOS
VISÃO GERAL DO PROJETO		
PROBLEMA OU PROBLEMA		
GOLS / MÉTRICAS		
ENTREGAS ESPERADAS		
CRONOGRAMA PROVISÓRIO		
MARCO-CHAVE	COMEÇAR	ACABAR
Equipe de Projeto de Formulário / Revisão Preliminar / Escopo		
Finalizar plano de projeto / carta / pontapé inicial		
Fase de medição		
Fase de Análise		
Fase de melhoria		
Fase de controle		
RECURSOS		
EQUIPE DO PROJETO		

Fonte: Do autor (2023)

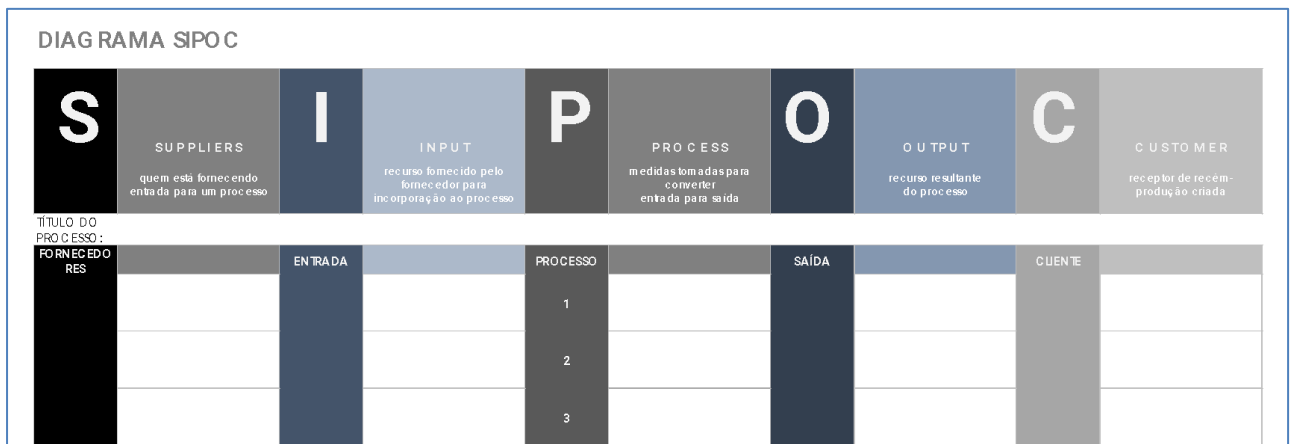
Mapa de Processo SIPOC (Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers):

Ferramenta que ajuda a visualizar todos os elementos relevantes de um processo.

O **SIPOC**, que em português significa Fornecedores, Insumos, Processo, Resultados e Clientes, é um diagrama que proporciona uma visão geral e visual de um processo de negócios. Este diagrama é uma ferramenta útil para identificar e resumir todos os componentes de um projeto de aprimoramento de processos, desde o início até o fim. O modelo oferece cinco colunas para a elaboração de um diagrama simples e de fácil compreensão.

Para preencher o SIPOC, pode-se seguir o modelo da Figura 3:

Figura 3 - SIPOC



Fonte: Do autor (2023)

Voz do Cliente (*Voice of the Customer - VOC*):

O modelo **VOC** (*Voice of the Customer*), é uma ferramenta eficaz para coletar dados sobre as expectativas e necessidades dos clientes. A compreensão dos requisitos do cliente pode orientar seu processo de aprimoramento e contribuir para a entrega de um produto final bem-sucedido. Este modelo foi criado com o objetivo de auxiliar na documentação da voz do cliente e na conversão dessas informações em requisitos quantificáveis.

Para preencher o VOC, pode-se seguir o modelo da figura 4:

Figura 4 - (VOC) Voice Of Customer

VOZ DO CLIENTE (VOC)				
ID	IDENTIDADE DO CLIENTE	VOZ DO CLIENTE	PRINCIPAIS PROBLEMAS DO CLIENTE(S)	EXIGÊNCIA CRÍTICA DO CLIENTE
#	Quem é o cliente?	O que o cliente disse?	O que o cliente precisa?	Que ação resultante é necessária?
1				
2				
3				

Fonte: Do autor (2023)

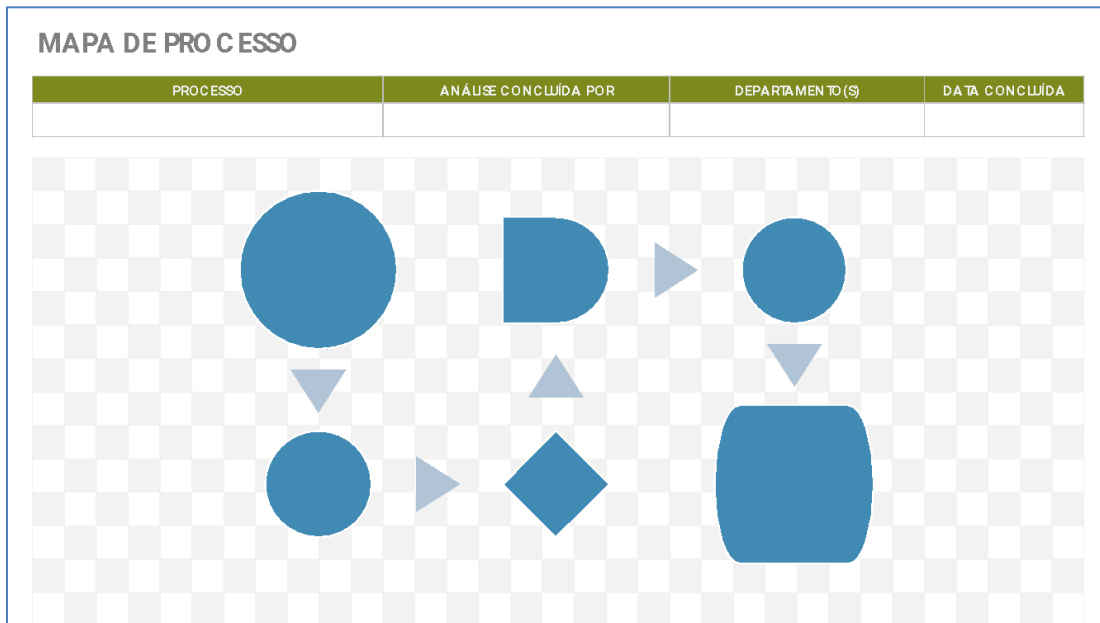
5.2 Ferramentas Sugeridas para a Fase Medir:

MAPA DO PROCESSO:

O Mapa do processo tem por objetivo a criação de um diagrama de fluxo de processo usando símbolos de fluxograma para representar cada etapa do processo *Lean Six Sigma*. O modelo do diagrama oferece uma representação visual do fluxo do processo, sendo fácil de entender e modificar. O modelo pode ser utilizado como uma ferramenta *Lean Six Sigma* para análise e revisão de um processo, além de facilitar a comunicação com as partes interessadas.

Para fazer um Mapa de Processo, pode-se seguir o modelo da figura 5:

Figura 5 - Mapa do processo



Fonte: Do autor (2023)

MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO:

Este modelo é uma ferramenta eficaz que pode auxiliar na priorização e seleção de projetos, levando em consideração diversos fatores como a probabilidade de sucesso, custos e a relevância para os processos de negócio. Após a coleta de dados, é possível utilizar um gráfico de Pareto para uma representação visual dos resultados. Este modelo de projeto Six Sigma é uma ferramenta simples, porém capaz de influenciar significativamente o processo de tomada de decisões.

Para preencher a Matriz de Priorização, pode-se seguir o modelo da figura 6:

Figura 6 – Matriz de Priorização

ANÁLISE DE PRIORIZAÇÃO DO PROJETO								
NOME DA ORGANIZAÇÃO	ANÁLISE CONCLUÍDA POR	DEPARTAMENTO(S)	DATA CONCLUÍDA					
EM ANÁLISE PELO CONSELHO DE REVISÃO								
NOME DO PROJETO POTENCIAL	PATROCINADOR	REVISÃO DO MARCO CONCEITUAL CONCLUÍDA	ANOTAÇÕES				REVISÃO COMPLETA ?	
		NÃO					SM	
		SM					NÃO	
CLASSIFICAÇÕES DO PROJETO ESCALA DE 1(BAIXO) A 5 (ALTA); SELECIONE O GRAU PARA CADA QUALIFICAÇÃO								
NOME DO PROJETO POTENCIAL	ESTRATEGICAMENTE ALINHADO	PROBABILIDADE DE SUCESSO	IMPACTO DO CLIENTE	ORÇAMENTO AMIGÁVEL	CRUCIAL PARA O SUCESSO DA ORGANIZAÇÃO	IMPACTANTE PARA A LINHA DE FUNDO	PONTUAÇÃO TOTAL	ESCALA DE CLASSIFICAÇÃO DO PROJETO
0	1					1	2	1
0					4		4	2
0							0	3
0		2					2	4
0				4			4	5

Fonte: Do autor (2023)

5.3 Ferramentas Sugeridas para a Fase Analisar:

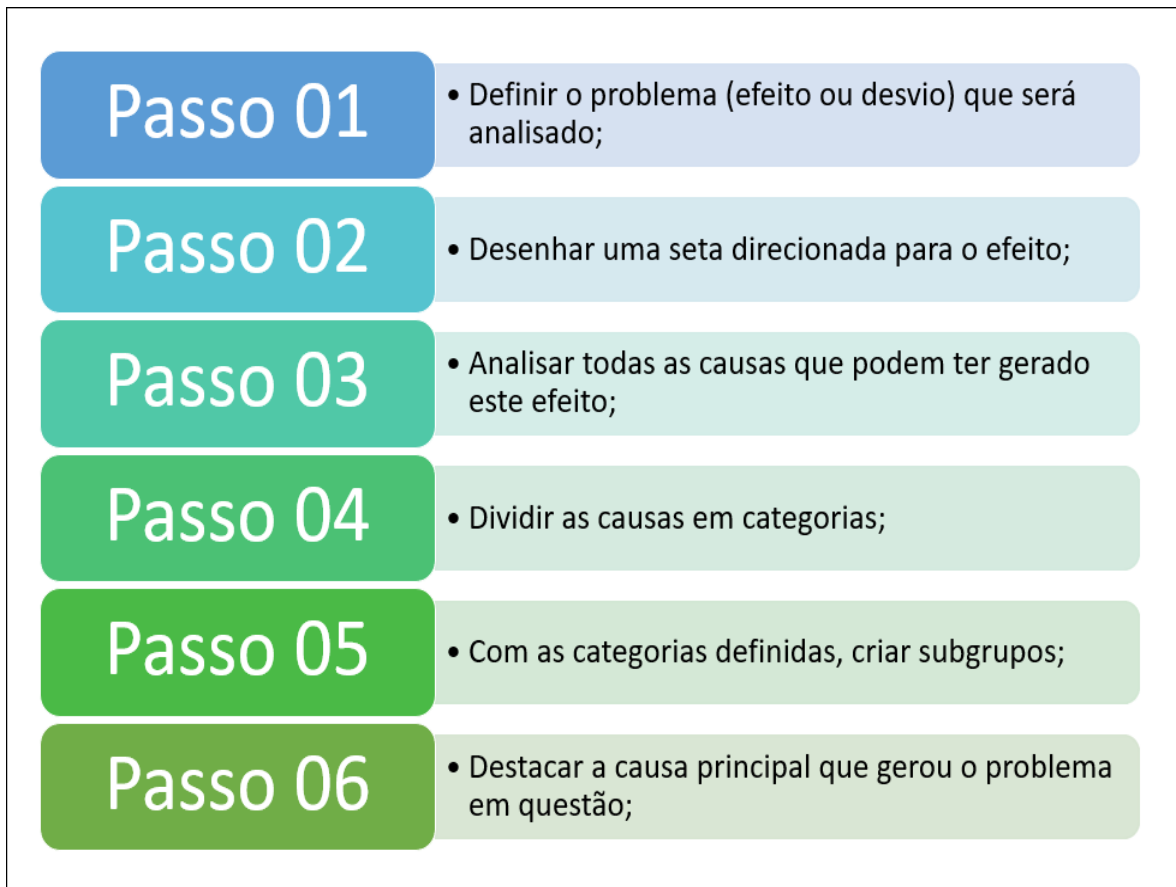
Diagrama de Ishikawa (Diagrama de Espinha de Peixe ou Causa e Efeito):

Um diagrama de espinha de peixe, também referido como diagrama de causa e efeito ou diagrama de Ishikawa, é uma ferramenta que auxilia a equipe a identificar as causas de um evento específico. Esta ferramenta do *Lean Six Sigma* pode ser utilizada em conjunto com o modelo de 5 porquês, que tem como objetivo ajudar a encontrar a origem do problema por meio de cinco indagações seguidas de sobre o porquê acontecem determinadas ocorrências (OHNO, 1997 apud VIEIRA et al., 2019), Normalmente depois da quinta pergunta encontra-se a raiz do problema, porém se for preciso, deve-se repetir até descobrir o que originou o problema.

Uma das vantagens do diagrama de espinha de peixe é sua apresentação visual, que simplifica a organização e visualização de informações, evidenciando as relações entre diferentes elementos.

Para criar um diagrama de espinha de peixe, pode-se seguir os seguintes passos:

Figura 7 – Fluxo sugerido para criação do Diagrama de Ishikawa



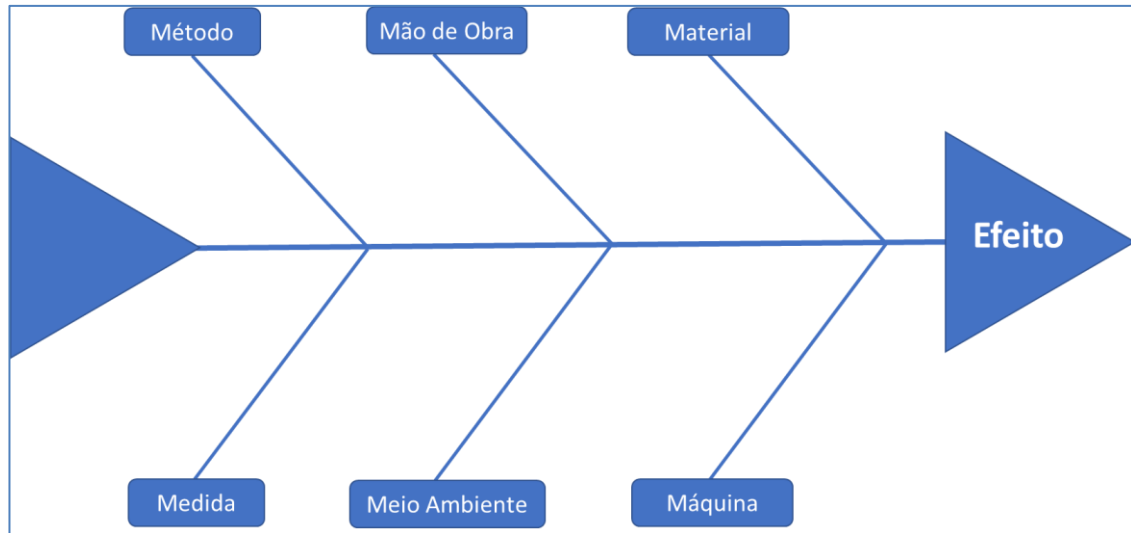
(Fonte: Do autor)

A divisão segundo as categorias não precisa ser obrigatoriamente como descrito acima, e exemplificado como na figura abaixo, mas sim, de uma forma que levar a equipe a definir da melhor forma as possíveis causas do problema estudado.

Este diagrama é uma ferramenta útil para identificar e resumir todos os componentes de um projeto de aprimoramento de processos, desde o início até o fim. O modelo disponível oferece cinco colunas para a elaboração de um diagrama simples e de fácil compreensão.

Para preencher o Diagrama de Espinha de Peixe ou Diagrama de Causa e Efeito, pode-se seguir o modelo da figura 8:

Figura 8 – Diagrama de Ishikawa ou matriz de causa e efeito



Fonte: Do autor (2023)

FMEA:

O termo FMEA origina-se do acrônimo em inglês "*Failure Mode and Effect Analysis*", traduzido como **Análise de Modo e Efeito de Falha**, referindo-se a uma metodologia sistemática de prevenção. Esta ferramenta analítica é projetada para identificar e avaliar potenciais pontos de falha em um processo e os efeitos que essas falhas podem causar, utilizando-se do acervo de conhecimentos e experiências da equipe responsável. O intuito é estabelecer uma ordem de prioridade entre os possíveis modos de falha, permitindo que esforços de mitigação se concentrem nos riscos mais significativos e com maior impacto no desempenho do processo. Nesse contexto, o FMEA é particularmente pertinente para iniciativas *Lean Six Sigma*, que visam a excelência operacional e a melhoria contínua, pois foca especificamente na prevenção de falhas que podem comprometer a eficiência e a eficácia dos processos industriais e administrativos. A aplicação criteriosa do FMEA, se mostra importante para as empresas nos programas de melhoria contínua ao longo do tempo. (LOUZADA, 2023).

Para criar um FMEA, pode-se seguir o modelo da figura 9:

Figura 9 - Modelo de FMEA

MODELO FMEA															
Nome do Processo ou Produto: _____ Responsável: _____					Preparado por: _____ Data Versão Original: _____					Página _____ de _____ Revisão: _____					
Identificação da Etapa	Etapa do Processo	Principais Entradas do Processo	Modo de Falha Potencial	Efeitos das Falhas Potenciais	S E V	Causas Potenciais	O C O	Controles Atuais	D E T	R P N	Ações Recomendadas	Responsável	Ações Tomadas	D E T	R P N
Colocar o Número Correspondente à Etapa do Processo	Descreva a Etapa do Processo	Quais são as Entradas (X) do Processo?	Como a Entrada (X) pode falhar?	Quais São os Impactos sob o Processo/ Especificações dos Clientes?	Qual a Severidade de Impacto no Cliente?	Descreva Quais São as Potenciais Causas	Quais Freqüências de Ocorrência dos Dados?	Quais São os Controles Atuais do Processo / Produto?	Quão Bem Pode-se Detectar as Falhas?		Quais as Ações Recomendadas para se Detectar ou Evitar que o Problema Ocorra?	Quem é o Responsável pela Implementação da Ação?	Quais Foram Efetivamente as Ações Tomadas para se Diminuir o RPN?		
A	ACORDAR	X1: Despertador	Não despertar/Despertar Hora Errada	Ataso, S machucadura, irritação	6	Queda Energia	2	Inexiste	10	120	Comprar um No break, Programar no Outlook (check mensal da Pilha) usar o Celular,	Iansen	Celular		0
B					6	Pilha Gasta	2	Frisco (Painel Indicativo (Processo reativo))	8	96	Verificações Semestrais via lembrete no Outlook	Iansen			0
D					6	Prgm Errada	6	Moderado (Manual)	5	180	Treinamento, Double Check	Iansen	Double Check		0
E	TRANSPORTAR	X11: Carro	Não Transportar	Ataso, S Assalto, Sujaria	3	Falta Gasolina	1	Foto (Painel com aviso sonoro e luminoso)	1	3					0
F					3	Falta Manut Prev	1	Moderado	4	12					0
G					3	Pneu Furado	1	Frisco	8	24					0
I					3	Bateria	1	Moderado	2	6					0

Fonte: Do autor (2023)

5.4 Ferramentas Sugeridas para a Fase Melhorar:

Na fase de melhorias do *Lean Six Sigma*, a equipe se dedica a aprimorar o processo existente, transformando dados estatísticos em dados de processo e agindo sobre as causas raízes. (ROTONDARO, 2002). O objetivo desta fase é eliminar as causas dos erros, visando alcançar um desempenho dentro dos limites aceitáveis. (HENDERSON, EVANS, 2000 *apud* ESTORILIO e AMITRANO, 2013)

É nesta etapa que os esforços de definição, medição e análise começam a mostrar seus resultados.

Também é relevante enfatizar a importância de maximizar os benefícios, aproveitando soluções que possam atender ou melhorar outras questões. Portanto, a fase de melhorias não é apenas sobre aprimorar processos, mas também sobre descobrir oportunidades para aumentar a eficiência em outras áreas.

Nesta fase do projeto, diversas ferramentas são úteis para facilitar a implantação da melhoria indentificada nos processos anteriores. Algumas delas são o **DOE** (Desenho de Experimentos), **Plano de Ação** (5W1H) e **POP** (Procedimento Operacional Padrão).

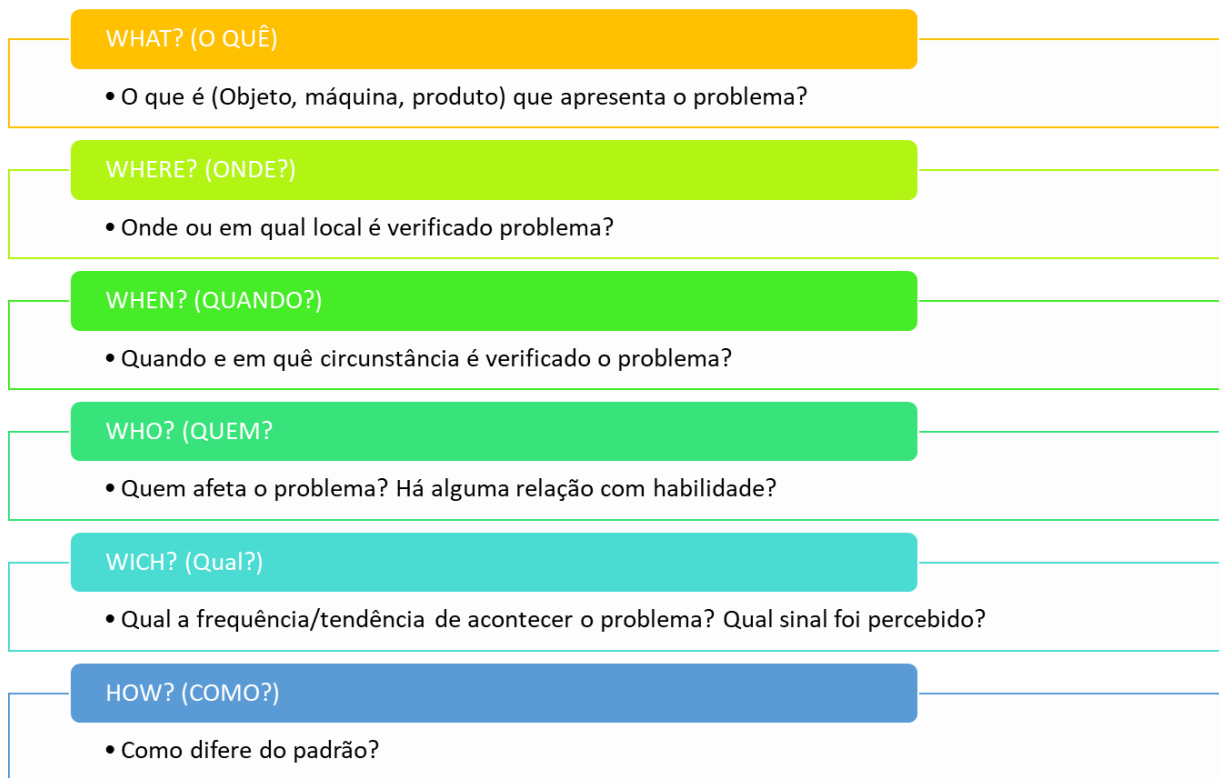
Nessa seção, vamos nos ater as ferramentas Planos de ação e POPs, devido a uma maior complexidade no manuseio do **DOE**, pois o mesmo requer conhecimentos de estatística e ferramentas específicas. Essa técnica tem por objetivo detalhar e planejar a

quantidade de experimentos a serem realizados, de tal forma que as variáveis de entradas sejam alteradas e seus impactos sobre uma resposta sejam avaliados, possibilitando a identificação da melhor combinação de variáveis (ROTONDARO, 2002).

- **Plano de Ação 5W1H:** Determina a “missão do projeto” através da técnica “5W1H” (*Who, What, Why, Where, When, How*), a qual consiste em responder as seguintes perguntas relacionadas ao projeto em questão: “Quem?”, “O que?”, “Por quê?”, “Onde?”, “Quando?” e “Como?”.

Para utilizar a técnica 5W1H, pode ser seguido o modelo da figura 10:

Figura 10 - Plano de Ação 5W1H



Fonte: Do autor (2023)

POPs - (Procedimentos Operacional Padrão): A Resolução RDC nº 275, de 21 de outubro de 2002, considera “Procedimento Operacional Padronizado - POP: procedimento escrito de forma objetiva que estabelece instruções sequenciais para a realização de operações rotineiras e específicas na produção, armazenamento e transporte de alimentos” (BRASIL, 2002). Ou seja, é um documento que deve trazer um passo a passo para o desenvolvimento de certas tarefas, de forma padronizada, afim de orientar qualquer operador ou pessoal envolvida no processo de forma simples e objetiva.

Para criar um POP, pode ser seguido o modelo da figura 11:

Figura 11 – Modelo de POP

POP PARA O PROCESSO X:	POP Nº 999
OBJETIVO:	
DESCRIÇÃO:	
MATERIAIS UTILIZADOS:	
QUANDO REALIZAR O PROCEDIMENTO:	
PROCEDIMENTO (Passo-a-Passo):	

Fonte: Do autor (2023)

5.5 Ferramentas Sugeridas para a Fase Controlar:

Ao longo do desenvolvimento de um projeto, é comum questionarem a necessidade de prosseguir além da fase de Melhoria, especialmente quando os objetivos iniciais de aprimoramento da capacidade foram alcançados. A justificativa para dar continuidade ao processo é fundamentada em um princípio da termodinâmica: sem um controle adequado, qualquer sistema tende a se desorganizar ao longo do tempo. Este fenômeno, conhecido como aumento da entropia, é uma metáfora poderosa para entendermos que, no contexto organizacional, a eficácia do processo pode regressar aos seus estados anteriores se medidas de controle não forem estabelecidas e mantidas.

A fase de Controle no *Lean Six Sigma* é crítica porque assegura que os ganhos de desempenho obtidos sejam sustentáveis. É o momento em que o líder do projeto deve estabelecer mecanismos robustos de monitoramento e gestão do processo. Estes mecanismos devem ser cuidadosamente projetados para detectar e corrigir qualquer desvio que possa ocorrer, garantindo que a capacidade do processo permaneça dentro dos limites definidos. Além disso, é essencial que estas estratégias de controle sejam transmitidas e assimiladas pelos "donos do processo" - aqueles que interagem diretamente com o processo no dia a dia. Eles são os agentes fundamentais para implementar as práticas de controle e para manter a cultura de melhoria contínua. A transferência de conhecimento e responsabilidade para esses profissionais é o que permite a internalização dos novos padrões e a evolução contínua da performance do processo. Dessa forma, a fase de Controle transcende a ideia de manutenção e se torna uma etapa de empoderamento e capacitação, indispensável para a maturidade operacional e para o legado duradouro dos projetos de *Lean Six Sigma*.

Nessa etapa, a finalidade é verificar se as ações implementadas realmente eliminaram a raiz do problema.

O acompanhamento pode ser executado de várias formas:

1. Auditoria;
2. Pesquisas;
3. Acompanhamento dos indicadores relacionados ao problema;
4. Acompanhamento do desempenho de dispositivos à prova de erros;
5. Acompanhamento de Cartas de Controle de Processo.

A seguir, iremos descrever as formas mais simples e efetivas para aplicação em pequenas e médias empresas, sem a necessidade de controles e conhecimento mais avançados.

Carta ou Plano de Controle:

Durante a jornada de otimização de processos dentro de uma organização, o monitoramento é primordial. Normalmente, inicia-se com uma pergunta: Quais métricas são cruciais para se observar? Uma vez estabelecido o que monitorar, a questão passa a

ser como identificar as variações nos processos de forma precoce e eficiente. Aqui, a sensibilidade do sistema de monitoramento é calibrada de modo a equilibrar a detecção rápida com a tolerância a alarmes falsos - um equilíbrio entre responsividade e confiabilidade.

Prosseguindo, garantir a sustentabilidade e a evolução dos processos é um desafio contínuo. Questiona-se: como podemos nos certificar de que os processos não só persistirão estáveis, mas também avançarão? A resposta repousa na instituição de uma cultura de melhoria contínua, onde cada membro da equipe é um vigilante ativo, comprometido com a excelência e com a inovação incremental.

No instante em que uma alteração no processo é observada, deve-se ter um plano de ação predefinido. Isso implica na habilidade de responder prontamente, com medidas corretivas e preventivas bem delineadas, para que o processo retorne ao seu estado otimizado com a mínima interrupção.

Finalmente, reflete-se sobre a importância da satisfação do cliente em relação a processos controlados e aprimorados. Reconhece-se que tal satisfação é multifacetada e vai além da mera estabilidade do processo. Enquanto um procedimento controlado e eficiente é fundamental para atender às expectativas do cliente, ele deve ser complementado por uma compreensão aprofundada das necessidades e percepções, assegurando que a entrega de valor seja completa e alinhada com a experiência desejada.

Abaixo, segue um modelo de Carta de Controle que tem a finalidade de servir como um guia para monitorar o processo e manter melhorias.

Para preencher a Carta de Controle, pode-se seguir o modelo da figura 12:

Figura 12 – Modelo de Carta ou Plano de Controle

MODELO DO PLANO DE CONTROLE												
SOP #	ETAPA DO PROCESSO	O QUE É CONTROLADO	ENTRADA OU SAÍDA	CARACTERÍSTICA DE ESPECIFICAÇÃO	ESPECIFICAÇÕES	MÉTODO DE MEDIÇÃO	MÉTODO DE CONTROLE	TAMANHO DA AMOSTRA	FREQUÊNCIA	OMS/ QUAIS MEDIDAS	GRAVAÇÃO LOCAUZAÇÃO	DECISÃO / AÇÃO CORRETIVA

Fonte: EBY (2017)

Para o correto preenchimento do Plano de controle, alguns itens são recomendados:

- i. Considerar todos os X vitais tratados por Planos de Ações;
- ii. Identificar cada saída (resposta Y) individual ou uma geral que represente o que se desejado processo;
- iii. Transformar os X vitais em Especificações de Processo;
- iv. Identificar as etapas do processo (entradas) em que foram identificados os X vitais;
 - a. - Nota: Especificação de Processo = como o processo deve ser mantido para que 100% do tempo esteja correto, ou seja, gerando a resposta Y desejada para o Negócio.
- v. Identificar as técnicas de medição, tamanho de amostra e freqüência de amostra;
- vi. Realizar como alguma freqüência (ex: 3/3 meses, 6/6 meses) Estudos de Capabilidade e Análise do Sistema de Medição (MSA);
- vii. Definir o Responsável (cargo ou função) pela garantia da Especificação de Processo, com base no Método de Controle;
- viii. Definir um Plano de Reação (“*Out of Control Action Plan*” – OCAP), em caso de anormalidade (não atendimento da Especificação de Processo);
- ix. Manter atualizações regulares do Plano de Controle. Assim que as ações sejam implementadas ou quando for detectadas oportunidades de melhoria;
- x. Treinar os envolvidos e considerar Gestão à Vista.

Poka-Yoke (Dispositivos Anti-Falhas):

Após a fase de implementação da melhoria (*Improve*) pode-se chegar a conclusão que existe necessidade de implantação de dispositivos auxiliares no processo para evitar erros humanos, erros de linha de produção ou ainda erros de sistema.

Para essa finalidade, a utilização de Poka-Yokes se mostra muito eficiente.

Poka-Yoke é um termo de origem nipônica que significa, respectivamente, “erro ou desatenção” (poka) e “evitar ou prevenir” (yokeru). (LIMA et al., 2019)

Portanto, pode ser definido como uma ferramenta “à prova de erros” ou “isenta de falhas”, constituída de técnicas utilizadas para evitar simples erros humanos no trabalho. O termo pode ser entendido, então, como qualquer dispositivo que auxilie na prevenção de falhas e erros em processos produtivos (LIMA et al., 2019).

Neste mesmo entendimento, define-se Poka-Yoke como sendo dispositivos para prevenir erros causados por falta de conhecimento do operador e sua displicência em relação ao processo, lapsos de memória, ausência de instrução e padrões de trabalho bem como falhas de manutenção de equipamentos.

Um simples dispositivo que inibe a troca de alguma peça na linha de montagem, como um encaixe redondo para uma peça quadrada, um gabarito que rejeita uma peça processada incorretamente ou um simples campo obrigatório em uma tela de sistema já podem ser considerados como Poka-Yoke.

Cada uma dessas ferramentas tem um papel específico no ciclo DMAIC, ajudando as equipes a manter a estrutura e o foco necessários para realizar melhorias significativas e mensuráveis nos processos.

Outras Ferramentas do DMAIC – Diagrama de Pareto:

O **Diagrama de Pareto** é outra ferramenta amplamente empregada no DMAIC. No entanto, não foi detalhado nesta pesquisa devido à sua complexidade intrínseca e à necessidade de dados mais robustos e de alta qualidade para sua efetiva implementação. Esta ferramenta, embora desafiadora, é extremamente valiosa para a análise e melhoria de processos quando aplicada corretamente. O Diagrama de Pareto é uma ferramenta gráfica que permite estabelecer uma ordenação nas causas de perdas que devem ser sanadas. Este esquema foi criado por um economista e sociólogo italiano, **Vilfredo**

Pareto. O **Diagrama de Pareto** tem o objetivo de compreender a relação ação - benefício, ou seja, prioriza a ação que trará o melhor resultado. O diagrama é composto por um gráfico de barras que ordena as frequências das ocorrências em ordem decrescente, e permite a localização de problemas vitais e a eliminação de futuras perdas.

Além disso, essa ferramenta pode nos dar a possibilidade analisar as variáveis em conjunto e não só individualmente (ARRUDA *et al.* 2016).

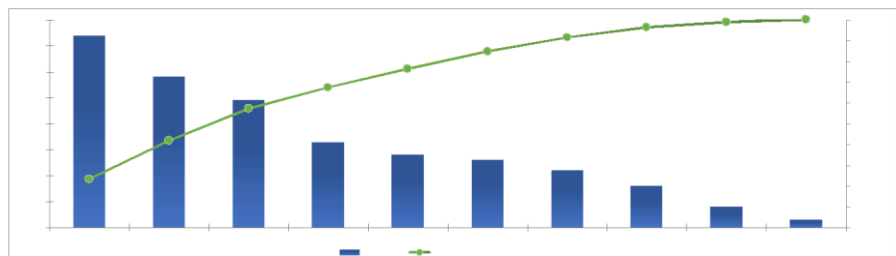
O **Diagrama de Pareto** é consagrado como uma das sete ferramentas fundamentais da qualidade, fundamenta-se na observação empírica conhecida como Princípio de Pareto ou a regra 80/20, que postula que uma minoria significativa das causas, aproximadamente 20%, é responsável pela maioria, cerca de 80%, das consequências indesejáveis em processos ou sistemas. Esta ferramenta estatística distingue-se por sua capacidade de transformar volumes complexos de dados em uma representação gráfica clara, na qual as frequências das ocorrências são dispostas em colunas ordenadas que facilitam a identificação visual e a priorização das 'poucas vitais' em detrimento das 'muitas triviais'. Complementarmente, o **Diagrama de Pareto** é enriquecido com a inclusão de porcentagens e a acumulação das ocorrências, permitindo a análise do impacto combinado dos itens. Através deste método, gestores e especialistas em qualidade podem eficazmente discernir os poucos problemas críticos que, se não resolvidos, podem levar a perdas substanciais, direcionando assim seus esforços de melhoria de maneira estratégica e eficiente.

A Figura a seguir, mostra um exemplo de um gráfico de Pareto, mostrando a relação do número de erros com o percentual de consequências indesejadas.

Figura 13 – Exemplo do Diagrama de Pareto

GRÁFICO PARETO

CAUSE	EFFECT	CUMULATIVO
CATEGORIA / DESCRIÇÃO	CONTAR	PORCENTAGEM
Erro 1	74	23%
Erro 2	58	42%
Erro 3	49	57%
Erro 4	33	68%
Erro 5	28	76%
Erro 6	26	85%
Erro 7	22	91%
Erro 8	16	97%
Erro 9	8	99%
Erro 10	3	100%



Fonte: EBY (2017)

Para os gestores que desejam se especializar na metodologia *Lean Six Sigma* com foco em DMAIC, é essencial uma formação e aprofundamento nos conceitos, que combinem conhecimento teórico e prático. (LOUZADA, 2023).

A estrutura de pessoas do grupo de implementação *Lean Six Sigma* é composta por *White Belts*, *Yellow Belts*, *Green Belts*, *Black Belts*, *Master Black Belts* e *Champions*. Esses termos são frequentemente utilizados de maneira indistinta, muitas vezes sem uma compreensão clara das habilidades e responsabilidades associadas a cada um, já que o treinamento e os requisitos são em grande parte adaptados para diferentes setores e/ou empresas.

Embora não exista uma definição consensual, as descrições mais comumente aceitas são:

White Belt: Este nível se concentra nas necessidades fundamentais de treinamento gerencial e ferramentas estatísticas. Isso contribui para a redução de custos e minimização de deficiências de recursos.

Yellow Belt: Similar ao *White Belt*, o *Yellow Belt* é comumente empregado na indústria para designar funcionários que desempenham funções em projetos Seis Sigma, além de suas outras responsabilidades profissionais.

Green Belts: São profissionais que, após completarem cerca de 80 horas de treinamento, assumem funções em projetos Seis Sigma, além de suas outras responsabilidades profissionais. Eles utilizam muitas das ferramentas que os *Black Belts* usam, mas focam em projetos dentro de sua própria área de atuação.

Black Belt: São indivíduos que completaram pelo menos 160 horas de treinamento em Seis Sigma e que dominaram ferramentas e técnicas estatísticas de relativa sofisticação. Os *Black Belts* geralmente trabalham em projetos que abrangem várias áreas, com uma equipe inteiramente dedicada a eles.

Master Black Belts: São *Black Belts* experientes que se destacaram na execução de projetos e que, após alguns anos de prática, podem avançar para o papel de *Master Black Belt*. Nessa posição, tornam-se praticantes em tempo integral da ferramenta Seis Sigma e atuam como mentores para o sucesso dos *Green* e *Black Belts*.

6 CONCLUSÃO

Este trabalho alcançou com sucesso seu objetivo geral de identificar, adaptar e desenvolver um *framework* para a aplicação do *Lean Six Sigma* com foco no DMAIC, afim de buscar a melhoria contínua dos processos em micro, pequenas e médias empresas (MPMEs). O *framework* desenvolvido é uma resposta direta às necessidades específicas das MPMEs, considerando suas limitações, resistências e objetivos de melhoria. Este estudo demonstrou que o *Lean Six Sigma* não é uma prerrogativa exclusiva de grandes corporações, mas uma ferramenta versátil e adaptável que pode trazer benefícios substanciais às MPMEs.

A aplicação do *Lean Six Sigma* nas MPMEs, conforme explorado neste estudo, apresenta várias vantagens. Primeiramente, permite às empresas melhorar a eficiência de seus processos e aumentar a produtividade, abordando diretamente as ineficiências e reduzindo os erros. Isso, por sua vez, leva a uma maior satisfação do cliente e a uma melhoria na qualidade do produto final. Além disso, o *framework* proposto está alinhado com as legislações locais vigentes, garantindo que as empresas não só otimizem seus processos, mas também cumpram os requisitos legais necessários.

Um aspecto crítico deste trabalho é a sua acessibilidade e aplicabilidade prática. Ele foi concebido para ser facilmente implementado por MPMEs, especialmente aquelas que estão no início de seus processos de melhoria e busca de crescimento organizacional. Ao adotar esta abordagem, as MPMEs podem estabelecer padrões para seus processos e produtos, alinhando-se com as legislações e, ao mesmo tempo, avançando em direção a uma operação mais eficiente e lucrativa.

Para futuras pesquisas, sugere-se a coleta e análise de dados dos processos produtivos das MPMEs que implementaram este *framework*. Isso permitirá uma avaliação mais robusta da eficácia do *Lean Six Sigma* em diferentes contextos e fornecerá *insights* adicionais para o aprimoramento contínuo do modelo. Além disso, a extensão desta pesquisa poderá auxiliar outras MPMEs a adotarem esta metodologia, contribuindo para o crescimento e fortalecimento do segmento de MPMEs e, conseqüentemente, para a economia local.

Em resumo, este trabalho evidencia o potencial transformador do *Lean Six Sigma* quando adaptado e aplicado de forma eficaz em PMEs. Ele oferece um caminho viável

para empresas de menor escala melhorarem seus processos e resultados, impulsionando seu crescimento e competitividade no mercado global.

Experiência profissional do autor e sua influência nesse estudo:

Baseado nos estudos abordados na pesquisa e na experiência profissional do autor, caracteriza-se uma forte relação da base prática com os conceitos teóricos abordados. O autor possui uma trajetória de mais de 20 anos na área de TI, atuando por mais de 15 anos junto à grandes empresas no segmento industrial alimentício, com a carreira caracterizada por constante progressão a cargos de liderança, demonstrando adaptabilidade e inovação em um setor em constante mudança.

Com sólidos conhecimentos em metodologias de gerenciamento de projetos como PMI, SCRUM, KANBAN, e principalmente no LEAN SIX SIGMA com foco no DMAIC, tem um histórico robusto no desenvolvimento e gerenciamento de projetos de melhoria contínua e padronização de processos e tecnologias.

O autor utilizou várias ferramentas aqui abordadas em sua trajetória, dentre elas, destacamos exemplos como o FMEA, que constantemente é aplicado em empresas de grande porte afim de detectar potenciais pontos de falha e mapear as soluções possíveis naquele momento.

Outras ferramentas amplamente utilizadas nas experiências do autor em vários projetos de grande porte em empresas multinacionais foram: Carta de projeto, que é comumente utilizada na abertura de vários tipos de projeto de melhoria contínua juntamente com o VOC, SIPOC, Diagrama de Ishikawa, Mapa de Processo e Plano de Ação 5W1H.

REFERÊNCIAS

ESTORILIO, C. C.; AMITRANO, F. G. Aplicação de Seis Sigma em uma empresa de pequeno porte. *Produto & Produção*, v. 14, n. 2, p. 1–25, 2013.

ANTONY, J.; BANUELAS, R.. Key ingredients for the effective implementation of six sigma program. *Measuring Business Excellence*. Coventry, n. 6, p. 20-27, abr. 2002.

ARRUDA, A. I. B. DE; SANTOS, E. C. DE A.; MELO, L. S. S. Análise Da Gestão Da Qualidade Em Uma Indústria De Alimentos Em Caruaru-Pe. **XXXVI Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, p. 18, 2016.

SILVA, B. S. DE S.; Seis Sigma e as dificuldades de implantação nas indústrias Brasileiras. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Mecânica no Centro Universitário Sul de Minas, p. 23, 2015.

SETA. Desenvolvimento Gerencial. Seis Sigma. Ferramentas e Estatística Básica para Melhoria dos Processos. *Material do Curso Lean Six Sigma Green Belt*. 2014.

EBY, K. Modelos gratuitos de *Lean Six Sigma*. Smartsheet, 2017. Disponível em: <https://pt.smartsheet.com/free-lean-six-sigma-templates>. Acesso em: 03 nov. 2023.

LOUZADA, P. De S. Análise Crítica dos cursos de certificação Lean Seis Sigma *Black Belt* ofertados no Brasil. 2023. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2023.

RAMOS, L. N. *et al.* Aplicação do *Lean Six Sigma* em pequenas e médias empresas: uma compreensão da literatura. In: XLII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2022, Foz do Iguaçu. Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2022.

CASTILHO, R. B et al. A implementação do *Lean Six Sigma* em pequenas e médias empresas: uma revisão bibliográfica dos últimos cinco anos. ConBRepro, Universidade Tecnológica do Paraná, PR, 2020. Disponível em: <https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/09262020_160947_5f6f957f5a59c.pdf>. Acesso em: 03 de novembro de 2023.

OLIVEIRA, F. S.; MENDES, L. D. dos S; COSTA, R. A. Implantação do sistema de produção enxuta em uma indústria de autopeças utilizando a metodologia *lean manufacturing*. Anais do X Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe (2018), Universidade Estácio de Goiânia, 2018.

GOMES, S. A. S. Desenvolvimento de framework baseado no DMAIC para pequenas empresas de alimentos: um estudo de caso aplicado em uma queijaria artesanal localizada no APL de Pernambuco. Caruaru: Universidade Federal de Pernambuco, 2022.

LIMA, V. Z. de et al. Aplicação do Método Poka-Yoke para Redução de Custos nos Processos Produtivos. *Sociais & Humanas*, v. 32, n. 3, 2019.. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/sociaisehumanas/article/view/31992/pdf>> Acesso em: 03 de novembro de 2023.